



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN SEI
SEGAH KABUPATEN BERAU MENGGUNAKAN
JEMBATAN BUSUR LANTAI KENDARAAN TENGAH**

SENO MARIS UTOMO

NRP 3114 106 057

Dosen Pembimbing I :

Ir. Djoko Irawan, MS

Dosen Pembimbing II :

Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN SEI
SEGAH KABUPATEN BERAU MENGGUNAKAN
JEMBATAN BUSUR LANTAI KENDARAAN TENGAH**

SENO MARIS UTOMO

NRP 3114 106 057

Dosen Pembimbing I :

Ir. Djoko Irawan, MS

Dosen Pembimbing II :

Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC141501

**MODIFICATION OF BRIDGE DESIGN SEI SEGAH
DISTRICT IN BERAU WITH A HALF – THROUGH
ARCH**

SENO MARIS UTOMO

NRP 3114 106 057

Major Supervisor I :

Ir. Djoko Irawan, MS

Major Supervisor II :

Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT

Faculty of Civil Engineering and Planning

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2017

**LEMBAR PENGESAHAN
MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN SEI SEGAH
KABUPATEN BERAU MENGGUNAKAN JEMBATAN
BUSUR LANTAI KENDARAAN TENGAH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SENO MARIS UTOMO

NRP. 3114 106 05

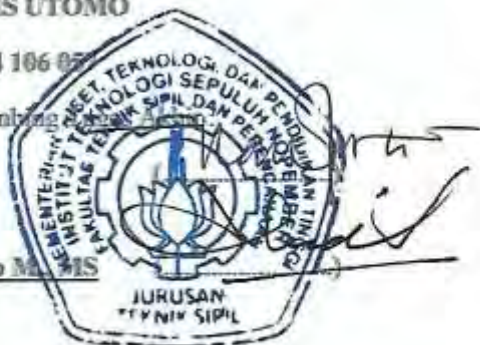
Disetujui oleh Pembimbing

Ir. Dioko Irawan, MS

NIP. 195902131987011001

Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M. Eng

NIP. 195503251980031004



Surabaya

2017

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN SEI SEGAH KABUPATEN BERAU MENGGUNAKAN JEMBATAN BUSUR LANTAI KENDARAAN TENGAH

Nama Mahasiswa : Seno Maris Utomo

NRP : 3114106057

Jurusan : Teknik Sipil

Dosen Pembimbing 1 : Ir. Djoko Irawan, MS

Dosen Pembimbing 2 : Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

Abstrak

Jembatan Sei Segah merupakan jembatan yang melintas diatas sungai segah yang memiliki panjang 390 meter dan lebar lantai kendaraan 7 meter. Sungai segah memiliki fungsi sebagai transportasi air bagi kapal-kapal tongkang dan logging kayu. Kondisi eksisting jembatan adalah jembatan rangka baja biasa (type Warren) dengan pembagian 4 bentang, dimana bentang terpanjang 100 meter. Kondisi ini jelas membuat lebar efektif sungai menjadi kecil yang membuat transportasi air mengalami kendala karena adanya pilar-pilar jembatan. Desain jembatan yang sesuai dengan kendala tersebut adalah jembatan rangka busur.

Dalam perencanaan ini jembatan Sei Segah didesain menggunakan konstruksi rangka busur dengan tipe A Half – Through Arch. Jembatan ini terdiri dari tiga bentang, dengan panjang bentang utama 288 meter dan panjang bentang pendekat masing-masing 80 meter, serta lebar lantai kendaraan 7 meter. Desain lantai kendaraan berupa komposit plat beton bertulang dengan steel deck dan balok menggunakan balok baja.

Pada perencanaan ini dalam pengerjaannya dibantu dengan software SAP 2000. Tahapan dalam perencanaan ini dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur, preliminary desain, desain struktur sekunder, desain struktur primer, permodelan dan analisa struktur, kontrol stabilitas, perencanaan

bangunan bawah dan menyusun gambar kerja. Hasil yang diperoleh dari perencanaan ini adalah berupa profil baja dan dimensi yang digunakan pada struktur bangunan atas serta tahapan pelaksanaan jembatan.

Kata kunci : A Half – Through Arch, Box Double WF, Continuous Arch Bridge, Jembatan Rangka Busur, Pot Bearing.

MODIFICATION OF BRIDGE DESIGN SEI SEGAH DISTRICT IN BERAU WITH A HALF – THROUGH ARCH BRIDGE

Name : Seno Maris Utomo

NRP : 3114106057

Department : Civil Engineering

Major Supervisor 1 : Ir. Djoko Irawan, MS

Major Supervisor 2 : Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

Abstract

Sei Segah bridge is a bridge passed over the segah river which has length of 390 meters and 7 meters width of the vehicle floor. Segah river has function as the water transportation for barges and timber. The existing condition of the bridge are steel truss bridge (type Warren) with four spans, where the longest span are 100 meters. This condition decrease the efficiency of the river transportation because of the bridge pillars. The Construction Bridge design that suitable with this problems are the truss arch bridge.

In this planning the Sei Segah bridge designed are using arch birdge construction with type A Half - Through Arch. The bridge consists of three spans, main span has length of 288 meters and side span 80 meters, and the width of the vehicle floor is 7 meters. The design of vehicle floor is formed with composite reinforced concrete slab and steel deck with beams using the steel beams construction.

This planning performed by program SAP 2000. The planning starting from data and literature studies, preliminary design, design of secondary structure, primary structure design, modeling and analysis of the structure, stability control, construction planning and drawings. The results of this planning

is formed in steel profiles used in the upper-structure and the staging analysis of the bridge.

Keywords: A Half – Through Arch, Box Double WF, Continuous Arch Bridge, Pot Bearing, Truss Arc Bridge

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul : “Modifikasi Perencanaan Jembatan Sei Segah Kabupaten Berau Menggunakan Jembatan Busur Lantai Kendaraan Tengah”.

Penulis menyadari dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, maka dari itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan laporan.

Pada akhir kata, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sumarti dan Ibu Ismi Yuniarsi sebagai Orang Tua.
2. Bapak Ir. Djoko Irawan, MS selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Ir. Hidajat Sugihardjo, MS selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat baik bagi penulis sendiri maupun umum.

Surabaya, 6 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK.....i

***ABSTRACT*iii**

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR GAMBARxiii

DAFTAR TABEL.....xix

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Perumusan Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 3

1.4. Tujuan 4

1.5. Manfaat 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1. Umum 6

2.2. Definisi Jembatan Rangka Busur 7

2.3. Bagian-Bagian Jembatan Rangka Busur (Konstruksi
Bangunan Atas Jembatan)..... 10

2.3.1. Lantai Kendaraan Pada Jembatan..... 10

2.3.2. Rangka Utama (Rangka Busur)..... 11

2.3.3. Perencanaan Ikatan Lateral..... 14

2.3.4.	Penggantung Lantai Kendaraan.....	15
2.3.5.	Sambungan	16
2.3.6.	Perletakan (<i>Pot Bearing</i>)	21
2.4.	Pembebanan	22
2.4.1.	Beban Tetap.....	23
2.4.2.	Beban Lalu Lintas	24
2.4.3.	Beban truck “ T “	26
2.4.4.	Factor Beban Dinamis	27
2.4.5.	Gaya Rem	29
2.4.6.	Pembebanan Pejalan Kaki	30
2.4.7.	Beban Tumbukan pada Penyangga Jembatan	30
2.4.8.	Beban Aksi Lingkungan	31
2.4.9.	Beban Pelaksanaan	36
2.5.	Analisis Konstruksi Pelaksanaan (<i>Staging Analysis</i>)...	37
2.5.1.	Analisis Sistem Rangka Baja Pada Konstruksi Jembatan Busur	37
BAB III METODOLOGI		39
3.1.	Diagram Alir Metodologi	39
3.2.	Pengumpulan Data	40
3.3.	Studi Literatur	42
3.4.	Preliminary Design	42
3.4.1.	Menentukan <i>Lay Out</i> Awal Jembatan	42
3.4.2.	Menentukan Dimensi Jembatan Busur	43
3.5.	Pembebanan	45

3.6.	Perencanaan Bangunan Atas	46
3.6.1.	Tiang Sandaran dan Trotoar	46
3.6.2.	Plat Lantai Kendaraan	46
3.6.3.	Gelagar Memanjang Dan Gelagar Melintang	47
3.6.4.	Penggantung Lantai Kendaraan (Batang Tarik) ..	47
3.6.5.	Rangka Utama	47
3.6.6.	Ikatan Lateral	47
3.6.7.	Sambungan	48
3.7.	Analisa Gaya-Gaya pada Bangunan Atas	48
3.8.	Kontrol Kekuatan dan Kestabilan Bangunan Atas	49
3.9.	Pembebanan Pada Perletakan	49
3.10.	Perencanaan Perletakan (<i>Pot Bearing</i>)	49
3.11.	Kontrol Kestabilan Perletakan	50
3.12.	Analisa Konstruksi Pelaksanaan (<i>Staging Analysis</i>)	50
3.13.	Pengecekan Pembebanan Tak Terduga (<i>Accidental Load</i>)	51
3.14.	Hasil dan Pembahasan	51
BAB IV PRELIMINARY DESIGN		52
4.1.	Geometri Busur	52
4.2.	Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	55
4.3.	Perencanaan Kerb	55
4.4.	Perencanaan Sandaran	55
4.5.	Perencanaan Gelagar	55
4.6.	Perencanaan Penggantung	56

4.7.	Perencanaan Rangka Jembatan	57
4.8.	Perencanaan Ikatan Jembatan	57
BAB V STRUKTUR SEKUNDER		58
5.1.	Perencanaan Tiang dan Pipa Sandaran	58
5.1.1.	Perhitungan Momen dan Pipa Sandaran.....	59
5.1.2.	Cek Kekuatan Profil Pipa Sandaran	60
5.1.3.	Perencanaan Tiang Sandaran.....	61
5.1.4.	Perencanaan Sambungan Las Tiang Sandaran	62
5.2.	Perencanaan Plat Lantai Kendaraan.....	63
5.2.1.	Tebal Plat Lantai	63
5.2.2.	Pembebanan.....	63
5.2.3.	Analisa Gaya Dalam.....	64
5.2.4.	Penulangan Plat Kendaraan.....	65
5.2.5.	Kontrol Geser Pons	68
5.2.6.	Kontrol <i>Deck Slab</i>	70
BAB VI PERENCANAAN GELAGAR		71
6.1.	Perencanaan Gelagar Memanjang.....	71
6.1.1.	Pembebanan.....	72
6.1.2.	Hasil Analisa Gaya Dalam	75
6.1.3.	Analisa Kapasitas Profil	76
6.1.4.	Analisa Sambungan.....	79
6.1.5.	Analisa Pengaku (<i>Stiffener</i>).....	81
6.2.	Perencanaan Gelagar Melintang	84
6.2.1.	Pembebanan.....	85

6.2.2.	Hasil Analisa Gaya Dalam	88
6.2.3.	Analisa Kapasitas Profil	89
6.2.4.	Kebutuhan Shear Connector.....	95
6.2.5.	Analisa Sambungan	97
BAB VII PERENCANAAN PEMIKUL UTAMA.....		101
7.1.	Umum	101
7.2.	Penggantung Lantai Kendaraan	102
7.2.1.	Pembebanan Penggantung.....	103
7.2.2.	Analisa Kapasitas Profil	105
7.2.3.	Sambungan Pada Penggantung.....	106
7.3.	Konstruksi Busur	108
7.3.1.	Bentuk Geometri Busur.....	108
7.3.2.	Bentuk Penampang Busur	113
7.3.3.	Pembebanan Busur	116
7.3.4.	Kombinasi Beban	140
7.4.	Cek Penampang Busur	141
7.4.1.	Kontrol Penampang Busur WFB 750.800.40.45 (BB11)	142
7.5.	Portal Akhir.....	150
7.5.1.	Balok Portal Akhir.....	151
7.5.2.	Kolom Portal Akhir	152
7.6.	Kontrol Sambungan Portal (Balok ke Kolom).....	160
7.7.	Batang Tarik Busur (<i>Tie Beam</i>)	162
7.8.	Cek Sambungan <i>Tie Beam</i>	169

BAB VIII PERENCANAAN IKATAN ANGIN	174
8.1. Ikatan Angin	174
8.1.1. Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Atas	175
8.1.2. Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Bawah	179
8.1.3. Ikatan Angin Pada Lantai Kendaraan	183
8.2. Pengaku Rangka Busur (<i>Bracing</i>)	187
8.2.1. <i>Bracing</i> Melintang (WF 500.200.10.16)	188
8.2.2. <i>Bracing</i> Silang	193
BAB IX SAMBUNGAN RANGKA UTAMA	198
9.1. Sambungan Tipe A	198
9.2. Sambungan Tipe B	207
9.3. Rekapitulasi Sambungan Rangka Utama	214
BAB X PERLETAKAN	218
10.1. Perencanaan Perletakan	218
10.2. Hasil Analisa	219
10.2.1. Menentukan Dimensi Elastomeric Disc:	220
10.2.2. Menentukan Dimensi Pot Baja:	220
BAB XI STAGING ANALYSIS	227
11.1. Tahapan Staging Analysis	227
11.2. Data Pembebanan <i>Staging</i>	233
11.3. Data Perencanaan Kabel	234
11.4. Deformasi Profil Tahap <i>Staging Analysis</i>	235
11.5. Cek Kekuatan Profil Terkritis	237
BAB XII PENUTUP	238

12.1.	Kesimpulan	238
12.2.	Saran	240

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jembatan tipe “ <i>Deck Arch</i> ”(Syum, 2015)	7
Gambar 2. 2 Jembatan tipe “ <i>Through Arch</i> ” (Syum, 2015).....	8
Gambar 2. 3 Jembatan tipe “ <i>A Half – Through Arch</i> ” (Syum, 2015).....	8
Gambar 2. 4 Jenis Las Tumpul (Ningsi, 2013)	17
Gambar 2. 5 Jenis Las Sudut (Nabawi, 2014)	18
Gambar 2. 6 Jenis Gaya yang dipikul pada Sambungan Baut....	19
Gambar 2. 7 Tipe-Tipe <i>Pot Bearing</i>	22
Gambar 2. 8 Beban Lajur “D”	25
Gambar 2. 9 Beban Truck “T”	27
Gambar 2. 10 Faktor beban dinamis untuk beban lajur “D”	28
Gambar 2. 11 Gaya rem per lajur 2,75 m	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan.....	40
Gambar 3. 2 Peta Lokasi	41
Gambar 3. 3 Jembatan <i>Exisiting</i> Sei Segah	42
Gambar 3. 4 Jembatan Modifikasi Sei Segah.....	45
Gambar 3. 5 Permodelan Plat Lantai.....	46
Gambar 3. 6 Permodelan Perletakan Jembatan Modifikasi.....	49
Gambar 3. 7 Permodelan Metode <i>Balance Cantilever</i>	50
Gambar 4. 1 Arah Memanjang Jembatan	54
Gambar 4. 2 Arah Melintang Jembatan.....	54

Gambar 5. 1 Tiang Sandaran	58
Gambar 5. 2 Penampang Pipa Sandaran	60
Gambar 5. 3 Sambungan las (satuan mm)	62
Gambar 5. 4 Permodelan Plat Kendaraan (satuan mm)	63
Gambar 5. 5 Kontak Bidang Geser Pons (satuan cm)	68
Gambar 5. 6 Permodelan <i>Deck Slab</i>	70
 Gambar 6. 1 Permodelan Gelagar Memanjang	 71
Gambar 6. 2 Model gambar perhitungan beban lalu lintas balok memanjang (Irawan, 2016)	73
Gambar 6. 3 Diagram Gaya Dalam COMB2 Gelagar Memanjang	76
Gambar 6. 4 Penampang Gelagar Memanjang	81
Gambar 6. 5 Persyaratan Demensi Pengaku	82
Gambar 6. 6 Gelagar Melintang	84
Gambar 6. 7 Pembebanan Pra-Komposit dan Post Komposit	85
Gambar 6. 8 Beban Truk (T_1) dan (T_2) pada gelagar melintang	87
Gambar 6. 9 Diagram Gaya Dalam COMB2 Gelagar Melintang	89
Gambar 6. 10 Menentukan Nilai C	92
Gambar 6. 11 Bentuk Penampang Melintang (satuan mm)	97
 Gambar 7. 1 Bentuk Pemikul Utama	 102
Gambar 7. 2 Rencana Profil Pengantung	105

Gambar 7. 3 Permodelan Kabel Pengantung Putus 1 ditengah Bentang Jembatan	106
Gambar 7. 4 Penampang Busur	113
Gambar 7. 5 Segmen Busur.....	114
Gambar 7. 6 Permodelan Beban Mati	117
Gambar 7. 7 Permodelan Beban Hidup.....	118
Gambar 7. 8 (a). Garis Pengaruh Batang BA11	119
Gambar 7. 9 (b). Garis Pengaruh Batang BB11	119
Gambar 7. 10 (c). Garis Pengaruh Batang D11	119
Gambar 7. 11 (d). Garis Pengaruh Batang V11.....	119
Gambar 7. 12 (e). Garis Pengaruh Batang BA29	120
Gambar 7. 13 (f). Garis Pengaruh Batang BB29	120
Gambar 7. 14 (g). Garis Pengaruh Batang D29.....	120
Gambar 7. 15 (h). Garis Pengaruh Batang V29.....	120
Gambar 7. 16 Permodelan Beban Angin Kendaraan.....	129
Gambar 7. 17 Peta Respon Spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun (S_s)	131
Gambar 7. 18 Peta Respon Spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun (S_1)	132
Gambar 7. 19 Grafik <i>Response Spectrum</i> di Berau, Kaltim	133
Gambar 7. 20 Input Grafik <i>Response Spectrum</i> di software (SAP 2000).....	134
Gambar 7. 21 Mode 1 $T = 2,42$ sec (Lateral)	137
Gambar 7. 22 Mode 2 $T = 1,73$ sec (Torsi)	137
Gambar 7. 23 Mode 3 $T = 1,23$ sec (Transversal).....	137

Gambar 7. 24 Mode 4 $T = 0,93$ sec (Lateral)	137
Gambar 7. 25 Mode 5 $T = 0,91$ sec (Longitudinal).....	138
Gambar 7. 26 Mode 6 $T = 0,74$ sec (Torsi).....	138
Gambar 7. 27 Mode 7 $T = 0,68$ sec (Transversal).....	138
Gambar 7. 28 Penampang Profil (BB11)	142
Gambar 7. 29 Cek Kapasitas Penampang Profil Rangka Utama	149
Gambar 7. 30 Permodelan Portal Akhir	150
Gambar 7. 31 Gaya Momen Pada Kolom Portal	154
Gambar 7. 32 Gaya Momen dan Aksi Arah sumbu x	158
Gambar 7. 33 Sambungan Antar Balok dan Kolom.....	160
Gambar 7. 34 Sambungan Antar <i>Tie Beam</i>	169
 Gambar 8. 1 Ikatan Angin Tinjauan $\frac{1}{2}$ Bentang Jembatan.....	174
Gambar 8. 2 Model Sambungan Ikatan Angin Busur Atas dengan batang (IKA 29)	179
Gambar 8. 3 Model Sambungan Ikatan Angin Busur Bawah dengan batang (IKB 14)	183
Gambar 8. 4 Model Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan dengan batang (LK29).....	187
Gambar 8. 5 Permodelan Pengaku Rangka Busur.....	187
Gambar 8. 6 Permodelan Sambungan <i>Bracing</i> Melintang batang (BM 29)	193
Gambar 8. 7 Permodelan Sambungan <i>Bracing</i> Silang Batang (IS29).....	197

Gambar 9. 1 Gaya aksial yang bekerja pada titik (SB 13)	198
Gambar 9. 2 Sambungan Penampang WFB 750.800.40.45	203
Gambar 9. 3 Persepektif Detail Sambungan Titik (SB13)	204
Gambar 9. 4 T. Samping Sambungan Titik (SB 13)	205
Gambar 9. 5 T. Melintang Sambungan Titik (SB 13)	205
Gambar 9. 6 T. Atas Sambungan Titik (SB 13)	206
Gambar 9. 7 Titik Simpul Penggunaan Sambunga Tipe A Pada Rangka Utama	206
Gambar 9. 8 Gaya aksial yang bekerja pada titik (SB 29)	207
Gambar 9. 9 Sambungan Penampang WF 750.300.22.25	212
Gambar 9. 10 T. Samping Sambungan Titik (SB 29)	212
Gambar 9. 11 T. Melintang Sambungan Titik (SB 29)	213
Gambar 9. 12 T. Atas Sambungan Titik (SB 29)	213
 Gambar 10. 1 Model Perletakan	 218
Gambar 10. 2 <i>Pot Bearing Tipe Fixed</i>	222
Gambar 10. 3 <i>Pot Bearing Tipe Free</i>	223
Gambar 10. 4 <i>Pot Bearing Tipe Guided</i>	224
 Gambar 11. 1 Ilustrasi <i>Stage 1</i>	 228
Gambar 11. 2 Ilustrasi <i>Stage 2</i>	228
Gambar 11. 3 Ilustrasi <i>Stage 3</i>	228
Gambar 11. 4 Ilustrasi <i>Stage 4</i>	229
Gambar 11. 5 Ilustrasi <i>Stage 5</i>	229

Gambar 11. 6 Ilustrasi <i>Stage 6</i>	230
Gambar 11. 7 Ilustrasi <i>Stage 7</i>	230
Gambar 11. 8 Ilustrasi <i>Stage 8</i>	231
Gambar 11. 9 Ilustrasi <i>Stage 9</i>	231
Gambar 11. 10 Ilustrasi <i>Stage 10</i>	232
Gambar 11. 11 Ilustrasi <i>Stage 11</i>	232
Gambar 11. 12 Ilustrasi <i>Stage 12</i>	232
Gambar 11. 13 Ilustrasi <i>Stage 13</i>	233
Gambar 11. 14 Bentuk <i>Crane Traveller Movement</i>	233
Gambar 11. 15 Grafik Deformasi Profil Arah sumbu Z Saat <i>Staging</i>	236

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat Baut (Salmon, 1997)	20
Tabel 2. 2 Tipe Pot Bearing.....	21
Tabel 2. 3 Berat Isi Untuk Beban Mati.....	23
Tabel 2. 4 Faktor Beban Mati Tambahan	24
Tabel 2. 5 Faktor Beban Lajur “D”	26
Tabel 2. 6 Faktor Beban Truk “T”	27
Tabel 2. 7 Faktor Beban Rem.....	30
Tabel 2. 8 Faktor Beban Pejalan Kaki.....	30
Tabel 2. 9 Tabel Variasi Temperatur.....	31
Tabel 2. 10 Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas Bahan.....	32
Tabel 2. 11 Faktor Beban Temperatur.....	32
Tabel 2. 12 Lendutan ekivalen untuk tumbukan batang kayu.....	33
Tabel 2. 13 Nilai R untuk Bangunan Bawah.....	35
Tabel 2. 14 Nilai R Untuk Hubungan Antara Elemen Struktur...	35
Tabel 4. 1 Panjang Batang Tarik	56
Tabel 6. 1 Kombinasi pembebanan	75
Tabel 6. 2 Hasil analisa struktur dengan SAP 2000	75
Tabel 6. 3 Kombinasi pembebanan	88
Tabel 6. 4 Hasil analisa struktur dengan SAP2000	88

Tabel 7. 1 Panjang Penggantung	103
Tabel 7. 2 Persamaan Parabola Busur Utama Atas	109
Tabel 7. 3 Persamaan Parabola Busur Atas (Lanjutan)	110
Tabel 7. 4 Persamaan Parabola Busur Utama Bawah	110
Tabel 7. 5 Persamaan Parabola Busur Bawah (Lanjutan)	111
Tabel 7. 6 Geometri Bentang Samping Bagian Atas.....	112
Tabel 7. 7 Geometri Bentang Samping Bagian Bawah.....	113
Tabel 7. 8 Demensi Penampang Busur Utama Atas.....	114
Tabel 7. 9 Profil yang digunakan pada Segmen Busur Utama Bagian Atas Tinjauan $\frac{1}{2}$ Bentang.....	114
Tabel 7. 10 Profil yang digunakan pada Segmen Busur Utama Bagian Atas Tinjauan $\frac{1}{2}$ Bentang. (Lanjutan)	115
Tabel 7. 11 Demensi Penampang Busur Utama Bawah.....	115
Tabel 7. 12 Profil yang digunakan pada Segmen Busur Utama Bagian Bawah Tinjauan $\frac{1}{2}$ Bentang.	116
Tabel 7. 13 Rekapitulasi Garis Pengaruh	121
Tabel 7. 14 Rekapitulasi Garis Pengaruh (Lanjutan)	122
Tabel 7. 15 Tabel Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Atas Tinjauan $\frac{1}{2}$ Bentang	125
Tabel 7. 16 Tabel Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Bawah Tinjauan $\frac{1}{2}$ Bentang	126
Tabel 7. 17 Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Diagonal Tinjauan $\frac{1}{2}$ bentang.	127
Tabel 7. 18 Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Vertikal Tinjauan $\frac{1}{2}$ bentang	128

Tabel 7. 19 Output dari Modal Participation Masses	135
Tabel 7. 20 Beban Mati Pada Jembatan	136
Tabel 7. 21 Faktor Kombinasi Beban Jembatan.....	140
Tabel 7. 22 Hasil Gaya pada Batang Yang Ditinjau	141
Tabel 7. 23 Rekapitulasi Kontrol Penampang yang ditinjau	149
Tabel 9. 1 Gaya Pada Sambungan Rangka Busur	214
Tabel 9. 2 Gaya Pada Sambungan Rangka Sisi.....	215
Tabel 9. 3 Kebutuhan Baut, Las, dan Plat Penyambung pada Rangka Busur Tengah Bentang	216
Tabel 9. 4 Kebutuhan Baut, Las, dan Plat Penyambung pada Rangka Sisi Bentang Samping	217
Tabel 11. 1 Kontrol Luas Penampang Aktual (Asc)	235
Tabel 11. 2 Hasil Deformasi Profil Arah sumbu Z Per Stage ..	236
Tabel 11. 3 Hasil Cek Profil Terkritis	237
Tabel 12. 1 Penggunaan Profil Rangka Utama	239
Tabel 12. 2 Penggunaan Profil Ikatan Angin Jembatan	240

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jembatan Sei Segah merupakan jembatan yang menghubungkan antara kota Tanjung Redeb dengan Kecamatan Gunung Tabur, Berau, Kalimantan. Jembatan sei segah saat ini memiliki panjang total 390 meter yang terbagi menjadi 4 bentang dengan menggunakan struktur baja dan lebar jalan 7 meter. Bentang terpanjang pada struktur baja sebesar 100 meter dan pendekatan (*Approach*) jembatan menggunakan beton pratekan.

Kondisi saat ini Sungai segah merupakan prasarana bagi transportasi air dimana kapal-kapal tongkang yang membawa batu bara, sawit, dan lain-lain. Sehingga membutuhkan tinggi bebas (*Free board*) yang besar dan lebar sungai (*Efective Linear Waterway*) yang besar. Dengan adanya pembagian bentang-bentang jembatan yang ada saat ini. Ruang gerak dari kapal-kapal tongkang tersebut menjadi menjadi kecil dikarenakan adanya pilar-pilar yang mengurangi lebar dari sungai. Hal ini menyebabkan bagian pilar sering tertumbuk oleh bagian kapal dan kegiatan logging kayu-kayu yang mengalir disungai sehingga mengurangi umur konstruksi jembatan. Kondisi ini menyebabkan jembatan sei segah perlu direncanakan ulang sesuai dengan kebutuhan akan lalu lintas transportasi air dan transportasi darat.

Pada tugas akhir ini Jembatan Sei Segah tersebut direncanakan ulang menggunakan Jembatan Busur Rangka Baja

dengan bentang 288 meter dan masing-masing pendekat (*Approach*) dengan bentang 80 meter. Karena jenis jembatan busur dapat digunakan pada bentang 60 – 600 meter sehingga lebih efektif dan dapat mengurangi penggunaan pilar-pilar jembatan yang berada ditengah sungai serta dapat memberi nilai estetika yang dapat menjadi ikon Kabupaten Berau.

Jembatan busur memiliki nilai estetika, sehingga dapat menjadi ikon Kabupaten Berau yang memiliki semboyan “Bumi Batiwakkal nan Sanggam”. Pemberian bentuk busur itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan balok parallel (D Johnson Victor,1980). Sedangkan zaman dahulu, sebelum teknologi beton prestressed dikembangkan, jembatan busur (*arch bridges*) selalu dipilih untuk konstruksi jembatan bentang panjang, dengan mengambil keuntungan timbulnya gaya tekan pada struktur lengkungnya (Asiyanto,2005).

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan pokok ialah bagaimana merencanakan struktur Jembatan Sei Segah dengan sistem rangka baja berbentuk busur. Adapun detail/rincian permasalahannya ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain jembatan busur yang sesuai dengan estetika dari daerah tersebut dan memenuhi persyaratan yang ditentukan?
2. Bagaimana prosedur dan perencanaan jembatan busur rangka baja?
3. Bagaimana analisa struktur bangunan atas pada tahap pelaksanaan (*staging analysis*).
4. Bagaimana penggambaran teknik jembatan dan bagian-bagiannya?

1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dan pembahasan pada tugas akhir ini dibatasi oleh beberapa hal antara lain:

1. Perencanaan dilakukan dalam satu bentang jembatan yang bagian-bagiannya terdiri dari bangunan atas jembatan.
2. Perencanaan hanya ditinjau dari aspek teknis saja dan analisa struktur bangunan atas pada tahap pelaksanaan. Tidak meninjau dari segi perencanaan bangunan bawah, segi anggaran biaya, dan metode pelaksanaan secara detail.
3. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian bagian tertentu yang dianggap mewakili secara keseluruhan.
4. Analisa Perencanaan pada studi ini hanya dengan menggunakan program bantu SAP 2000.

1.4. Tujuan

Tujuan perencanaan struktur Jembatan Sei Segah dengan sistem rangka baja berbentuk busur adalah dapat direncanakan struktur jembatan yang kuat menahan beban yang bekerja dan mengurangi penggunaan pilar pada jembatan dikarenakan adanya transportasi air. Sedangkan tujuan secara khusus ialah :

1. Dapat mendesain jembatan busur yang sesuai dengan estetika dari daerah tersebut dan memenuhi persyaratan yang ditentukan.
2. Dapat mengetahui prosedur dan perencanaan jembatan busur rangka baja.
3. Dapat menganalisa struktur bangunan atas pada saat pelaksanaan (*staging analysis*).
4. Dapat dilakukan visualisasi desain dalam bentuk gambar jembatan sesuai dengan syarat-syarat teknik.

1.5. Manfaat

Manfaat dari penggunaan Jembatan busur ini adalah:

1. Mengurangi penggunaan pilar jembatan sehingga memberikan ruang gerak transportasi air lebih besar dan mengurangi tabrakan antara pilar dengan badan kapal maupun logging kayu.
2. Nilai estetika bentuk dari penggunaan jembatan busur tersebut bisa menjadi ikon Kabupaten Berau yang memiliki semboyan “Bumi Batiwakkal nan Sanggam”

3. Dapat meningkatkan produktivitas dan perekonomian dari Kabupaten Berau.
4. Sebagai bahan rekomendasi dan evaluasi bagi instansi terkait dalam pembangunan Jembatan Sei Segah di Kabupaten Berau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pada kondisi eksisting jembatan Sei Segah menggunakan metode jembatan rangka type warren yang terbagi menjadi 3 bentang dengan total bentang sungai 390m. Karena jembatan tersebut memiliki ruang gerak yang kecil bagi transportasi air maka dalam tugas akhir ini jembatan Sei Segah didesain ulang dengan menggunakan rangka busur baja dengan bagian bentang utama 288m lantai kendaraan berada ditengah (*A Half-Through Arch*) dan bagian bentang pendekat 80m (*Approach*) menggunakan rangka bawah baja yang dibuat menerus terhadap rangka busur.

Aspek yang dipertimbangkan dalam pemilihan bentuk dan jenis konstruksi rangka busur baja dipengaruhi oleh kondisi rintangan, biaya konstruksi, fungsi jembatan, kondisi tanah dasar, besarnya beban, panjang bentang maupun segi estetikanya.

Bahan baja dipilih, karena kekuatannya yang besar dalam menahan tarik dan tekan tanpa membutuhkan kuantitas yang banyak. Sehingga masih menjadi pilihan utama untuk jembatan dengan bentang yang panjang dikarenakan berbagai alasan terutama, yaitu setelah dapat diatasinya masalah karat pada baja. Dan keuntungan yang lain yaitu baja kuat dan ekonomis, mudah dipasang dan dapat diproduksi secara massal, dengan bentuk dan kualitas yang sama. (Struyk, 1984).

Komponen rangka dibuat dari profil-profil yang dihubungkan dengan menggunakan pelat penyambung dan baut. Pekerjaan pemasangan harus dilaksanakan secara sistematis sesuai dengan sistem kerangka struktur jembatan serta sepenuhnya mengindahkan keamanan bagi para pekerja, lingkungan, dan jembatan itu sendiri. Pemasangan disesuaikan dengan kondisi di lapangan menggunakan sistem perancah atau sistem kantilever, sehingga penyediaan peralatan kelengkapan penyelenggaraan pekerjaan dapat disesuaikan.

2.2. Definisi Jembatan Rangka Busur

Jembatan rangka busur adalah suatu struktur jembatan yang rangkanya menyerupai bentuk busur yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal dari bangunan atas yang bekerja. Berdasarkan posisi lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk dari jembatan busur yang umum dipakai, diantaranya:

- Deck Arch

Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu – lintas secara langsung dan berada di bagian paling atas busur. Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar**

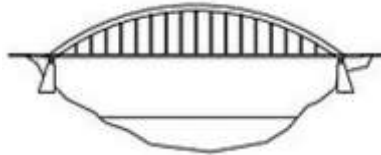
2.1



Gambar 2. 1 Jembatan tipe “*Deck Arch*”(Syum, 2015)

- Through Arch

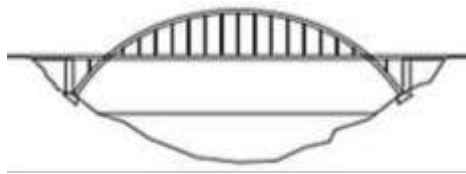
Merupakan jenis lainnya, dimana letak daripada lantai jembatan terdapat tepat di springline busurnya. Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 2.2**



Gambar 2. 2 Jembatan tipe “*Through Arch*” (Syum, 2015)

- A Half – Through Arch

Merupakan salah satu jenis lainnya, dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah. Pada umumnya, jembatan busur banyak yang menggunakan tipe A Half – Through dan Through Arch untuk menghindari agar pangkal busurnya tidak terendam oleh air. Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 2.3**



Gambar 2. 3 Jembatan tipe “*A Half – Through Arch*” (Syum, 2015)

Untuk busur dengan batang tarik, bentuk busurnya disesuaikan dengan pembagian momen yang dilimpahkan ke batang tarik. Bila busurnya lebih kaku daripada batang tarik,

maka busur akan lebih banyak menerima momen. Dan apabila busurnya lebih lemah batang tarik, maka akan lebih banyak menerima momen. (Diklat Kuliah, Hidajat Sugihardjo).

Ada beberapa pertimbangan dalam pemilihan jenis konstruksi busur dan bentuk busur, diantaranya adalah:

1. Kondisi Tanah Dasar
 - a. Memilih tebing yang kuat
 - b. Bila kaki busur terendam, bila menggunakan lantai kendaraan ditengah atau dibawah.
 - c. Bila tanah kurang kuat, bisa dipasang batang tarik
2. Besarnya Beban
 - a. Bila bebannya berat, dapat menggunakan busur rangka
 - b. Bila bebannya tidak terlalu berat dapat menggunakan busur dinding penuh atau *box*.
3. Panjang Bentang
 - a. Bentang 60-250 m, digunakan dinding penuh atau rangka
 - b. Bentang 250-600 m, digunakan rangka
4. Estetika
 - a. Busur dengan penampang tengah lebih kecil memberikan kesan langsing
 - b. Penampang busur yang berupa dinding penuh memberikan kesan tenang.

2.3. Bagian-Bagian Jembatan Rangka Busur (Konstruksi Bangunan Atas Jembatan)

Merupakan bagian pembentuk konstruksi rangka jembatan yang melayani beban-beban yang bekerja. Berikut elemen-elemen pembentuk jembatan, yaitu:

2.3.1. Lantai Kendaraan Pada Jembatan

Lantai jembatan termasuk ke dalam struktur bangunan atas (*Super structure*). Bagian ini yang berfungsi langsung untuk memikul beban lalu-lintas dan melindungi terhadap keausan.

1. Perencanaan Pelat Lantai

Plat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai spesifikasi sesuai peraturan. Plat lantai yang direncanakan pada jembatan ini adalah plat lantai komposite.

2. Perencanaan Trotoar

Beban hidup pada kerb diperhitungkan sebesar 15 kN/m yang bekerja pada bagian atas kerb sepanjang jembatan dengan arah horizontal.

3. Perencanaan Sandaran

Sandaran pada jembatan berguna sebagai pembatas atau pengaman pejalan kaki yang melintas diatas jembatan agar tidak jatuh ke sisi luar jembatan. perencanaan sandaran disesuaikan dengan peraturan BMS, sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua

pembebanan yang bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang vertikal dan horizontal dengan masing-masing beban $W^*=0.75 \text{ kN/m}$.

4. Perencanaan Balok Lantai Kendaraan

Balok atau gelagar merupakan komponen struktur lentur yang tersusun dari beberapa elemen pelat. Penampang balok atau gelagar merupakan konsekuensi dari panjang bentang balok tersebut.

Dalam jembatan terdapat balok memanjang dan balok melintang. Balok memanjang menerima beban pelat lantai kendaraan. Sedangkan balok melintang meneruskan beban yang diterima balok memanjang ke struktur utama.

2.3.2. Rangka Utama (Rangka Busur)

Merupakan bagian dari struktur yang penting sekali karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya. Bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal dirubah menjadi gaya horizontal tekan, sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan tersebut. Dengan kelebihan utama dari jembatan busur yaitu adanya gaya tekan yang mendominasi gaya pada jembatan busur dan dengan adanya teknologi beton, baja, maupun komposit yang semakin maju, pada penggunaan material tersebut dapat mengurangi bobot jembatan dan meningkatkan panjang lantai jembatan. (Chen,

WaiFah, Duan, Lian. Bridge Engineering Handbook. London. 2000).

Berdasarkan bentuk-bentuk busur dibedakan sebagai,berikut:

1. Penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal, umumnya untuk busur terjepit. Busur ini membagi beban antara busur dengan batang tarik dengan cara busur sangat kaku dibanding batang tarik sehingga momen sebagian besar dipikul busur.
2. Tinggi penampang sama untuk seluruh bagian busur, umumnya busur dinding penuh termasuk bentuk box. Busur ini membagi beban antara busur dengan batang tarik dengan cara busur sangat lemah dibanding batang tarik sehingga momen sebagian besar dipikul batang tarik.
3. Penampang puncak lebih besar dari penampang pangkal, umumnya untuk busur dua sendi.

Dalam perencanaan ini digunakan metode busur rangka baja. Selain harus memiliki kekuatan yang cukup, rangka batang juga harus memiliki tinggi lengkung busur yang cukup dan ideal sehingga kekuatan busur dapat optimum. Tinggi lengkung busur tergantung pada panjang bentang jembatan.

Elemen tarik atau tekan yang dilengkungkan menjadi busur lingkaran boleh direncanakan sebagai sistem rangka batang biasa, dengan syarat :

- a. Deviasi, δ , dari garis lurus yang menghubungkan titik-titik pertemuan pada ujung elemen tidak boleh $\geq \frac{1}{12}$ panjang garis lurus tersebut.
- b. Penampang melintang adalah kompak
- c. Jarak dari tepi badan ke ujung sayap, jika ada, harus memenuhi

$$\frac{b}{t} \leq \frac{R}{6b} \quad (2.1)$$

Dimana :

b = lebar bagian luar, diukur dari ujungnya terhadap:

- Baris pengencang terdekat yang menghubungkan dengan bagian pendukung dari unsur, atau
- Permukaan bagian pendukung demikian dalam hak konstruksi las
- Akar dari penampang digiling

t = tebal rata-rata bagian luar, atau tebal total dimana dua atau lebih bagian dihubungkan.

R = Jari-jari Lengkung. (mm)

- d. Lebar sayap yang tidak disokong memenuhi:

$$\frac{b}{t} \leq \frac{R}{2b} \quad (2.2)$$

Dimana :

b = Lebar flens tidak terdukung antara baris pengencang yang menghubungkan plat dengan bagian pendukung unsur, atau antara permukaan bagian pendukung demikian dalam hal konstruksi las, atau antara akar sudut dari penampang digiling. (mm)

t = Tebal rata-rata bagian luar dari flens, atau tebal total dimana dua atau lebih bagian dihubungkan. (mm)

R = Jari-jari Lengkung. (mm)

- e. Beban melintang dengan intensitas merata dianggap bekerja dalam bidang lengkung sepanjang elemen, dan bekerja pada sisi cembung elemen tarik, atau sisi cekung elemen tekan, dan mempunyai nilai P^* / R dengan P^* adalah gaya aksial rencana dari elemen tersebut.

2.3.3. Perencanaan Ikatan Lateral

Ikatan yang kuat harus memiliki persyaratan menurut RSNI T – 03-2005 pasal 9.6.1 yaitu:

- a. Semua beban dan pengaruh beban yang dihitung dapat disalurkan pada struktur pendukung.

- b. Sokongan tersedia pada semua titik buhul, konsisten dengan anggapan yang dipergunakan dalam penentuan panjang efektif batang tekan
- c. Sokongan tersedia pada setiap titik dimana gaya tekan bekerja pada batang diagonal dan/atau vertikal, akibat perubahan arah batang tepi (tanpa memperdulikan apakah batang tersebut batang tarik atau tekan)

Elemen ikatan dan sambungannya dengan batang tepi atas, atau dengan portal U yang menyokong batang tepi atas, harus direncanakan agar dapat menahan gaya-gaya lateral.

Sokongan lateral harus disediakan untuk batang tekan sedemikian rupa agar gaya geser lateral berikut ini dapat ditahan pada semua potongan melintang dari jembatan.

- a. $\Sigma P_c^*/80$ apabila kombinasi beban mencakup gaya lateral (seperti beban angin)
- b. $\Sigma P_c^*/40$ apabila kombinasi beban tidak mencakup gaya lateral.

Dimana ΣP_c^* merupakan jumlah gaya aksial rencana terbesar yang terjadi bersama dalam setiap dua batang tepi pada potongan yang ditinjau.

2.3.4. Penggantung Lantai Kendaraan

Digunakan untuk menopang balok diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut ke rangka busur. Pemilihan tatanan batang tarik didasarkan atas berbagai hal karena akan

memberikan pengaruh yang berlainan terhadap perilaku struktur terutama pada rangka busur dan tampang balok. Selain itu akan berpengaruh pula pada metode pelaksanaan, biaya dan arsitektur jembatan. Besaran gaya tarikan pada batang tarik disesuaikan dengan beban yang bekerja pada jembatan.

Karakteristik kabel kaitannya dengan struktur jembatan antara lain:

- Mempunyai penampang yang seragam/homogen pada seluruh bentang
- Tidak dapat menahan momen dan gaya desak,
- Gaya-gaya dalam yang bekerja selalu merupakan gaya tarik aksial,
- Pada jembatan batang tarik berperan sebagai penggantung rantai kendaraan sehingga menderita beberapa beban titik sepanjang beban mendatar.

2.3.5. Sambungan

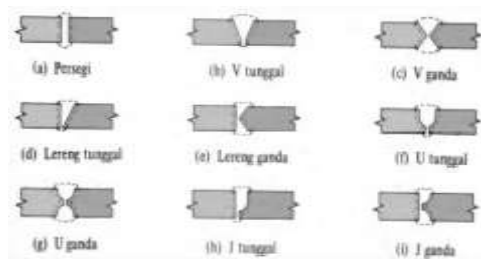
Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama (biasanya di ujung batang) dengan beberapa cara. Salah satu cara yang digunakan adalah pengelasan, cara lain ialah menggunakan alat penyambung seperti paku keling dan baut. (Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1- Charles G, Salmon). Sambungan ini harus mampu menyalurkan gaya-gaya yang bekerja dari satu komponen ke komponen lainnya.

A. Sambungan Las

Proses pengelasan merupakan proses penyambungan dua potong logam dengan pemanasan sampai keadaan plastis atau cair, dengan atau tanpa tekanan. Pada perencanaan ini digunakan *terminologi standart eletrode* las E70XX dimana memiliki tegangan leleh $\leq 413 - 448$ Mpa. Jenis E70XX merupakan elektroda yang paling banyak digunakan untuk las sudut dengan proses SMAW.

- Las Tumpul

Las tumpul (*groove weld*) terutama dipakai untuk menyambung batang struktur yang bertemu dalam satu bidang. Karena las tumpul biasanya ditujukan untuk menyalurkan semua batang yang disambunginya. Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 2.4** berikut :



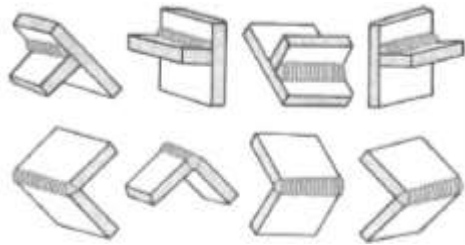
Gambar 2. 4 Jenis Las Tumpul (Ningsi, 2013)

- Las Sudut

Las sudut (*fillet weld*) bersifat ekonomis secara keseluruhan, mudah dibuat dan mampu beradaptasi. Las sudut terutama menguntungkan untuk pengelasan

di lapangan, dan untuk menyesuaikan kembali batang atau sambungan yang difabrikasi dengan toleransi tertentu tetapi tidak cocok dengan yang dikehendaki.

Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 2.5** berikut :



Gambar 2. 5 Jenis Las Sudut (Nabawi, 2014)

B. Sambungan Baut

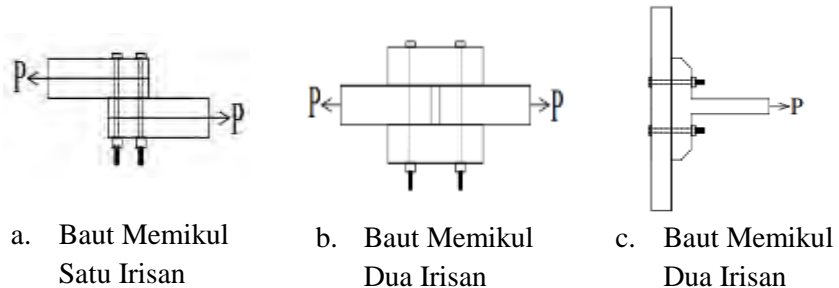
Ada dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja yang pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi, pada waktu pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung. (Amon, 1988)

Berdasarkan gaya-gaya yang dipikul, terdapat jenis sambungan yang menggunakan baut sebagai alat penyambungannya, antara lain:

- a. Sambungan dengan gaya lintang tunggal, dalam hal ini baut memikul satu irisan.

- b. Sambungan dengan gaya lintang rangkap, baut memikul dua irisan. Kekuatan baut dua irisan dua kali daripada kekuatan baut satu irisan.
- c. Tampang T yang digunakan sebagai batang gantung yang menimbulkan tegangan tarik pada baut.

Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 2.6** berikut :



Gambar 2. 6 Jenis Gaya yang dipikul pada Sambungan Baut

Pada perencanaan ini baut yang digunakan baut mutu tinggi (HTB). Ada dua jenis baut mutu tinggi yang ditunjukkan oleh ASTM sebagai A325 dan A490. Baut ini memiliki kepala segi enam yang tebal dan digunakan dengan mur segi enam yang setengah halus dan tebal.

Sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut mutu tinggi harus menggunakan perhitungan tipe fiksi (*Friction*) yang dikencangkan untuk menimbulkan tarikan baut minimum yang disyaratkan sedemikian rupa sehingga gaya-gaya geser rencana disalurkan melalui jepitan yang bekerja dalam bidang kontak dan

gesekan yang ditimbulkan antara bidang-bidang kontak. Untuk lebih jelasnya lihat **Tabel 2.1** berikut :

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat Baut (Salmon, 1997)





Identifikasi ANSI/ASTM	Diameter Baut Inci (mm)	Beban Leleh, σ_u Metode Pengukuran σ_u Panjang, ksi (MPa)	Beban Leleh, σ_u Metode Kekuatan Leleh, ksi (MPa)	Kekuatan Tarik, Minimum, ksi (MPa)
A307A, baja karbon rendah Mutu A dan B	$\frac{1}{8}$ sampai 4 (6,35 sampai 104)	-	-	60
A325, baja berkekuatan tinggi Tipe 1, 2, dan 3	$\frac{1}{4}$ sampai 1 (12,7 sampai 25,4)	85 (585)	92 (635)	120 (825)
Tipe 1, 2, dan 3	1 sampai 1	74	81	105
Tipe 1, 2, dan 3	(28,6 sampai 38,1)	(510)	(560)	(725)
A449, baja berkekuatan tinggi (Catatan: Pemakaiannya dibatasi oleh AISC hanya untuk baut yang lebih besar dari $\frac{1}{2}$ inci serta untuk batang berulir dan baut angkur)	$\frac{1}{8}$ sampai 1 (6,35 sampai 25,4) 1 sampai 1 (28,6 sampai 38,1) 1 sampai 3 (6,35 sampai 76,2)	85 (585) 74 (510) 55 (380)	92 (635) 81 (560) 58 (400)	120 (825) 105 (725) 90 (620)
A490, baja paduan yang diberi perlakuan panas	$\frac{1}{4}$ sampai $\frac{1}{2}$ (12,7 sampai 38,1)	120 (825)	130 (895)	150 (1035)

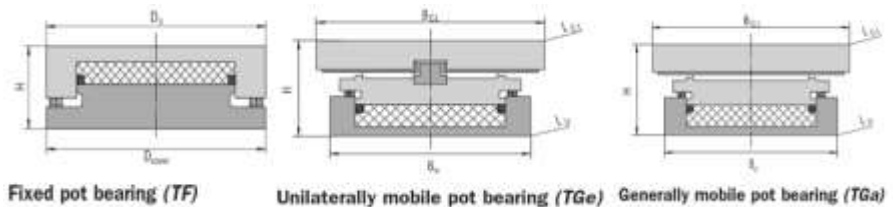
2.3.6. Perletakan (*Pot Bearing*)

Pot bearing digunakan sebagai perletakan untuk konstruksi yang memiliki beban tinggi, pergeseran (*Deflection*) yang besar dan rotasi yang tinggi. Hal ini karena pot bearing dapat mengatasi beban vertikal yang cukup besar sementara yang membutuhkan sedikit ruang, terutama dalam hal ketebalan.

Pot bearing pada dasarnya terdiri dari elastomer tertahan dari pot logam. Pad ini kemudian ditekan oleh piston dengan bantalan yang menahan geser atau rotasi, tergantung pada desain yang dibutuhkan. Kemampuan gerakan dari pot bearing dapat diberikan dalam satu atau dua arah. Pot bearing dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: *Fixed (TF)*, *Guided (TGe)*, dan *Free (TGa)*. Untuk lebih jelasnya lihat **Tabel 2.2** berikut :

Tabel 2. 2 Tipe *Pot Bearing*

DESIGN PARAMETERS								
Type	Id	Symbol	Reactions			Relative Movements		
			Loads			Displacement		
			N	V _x	V _y	V _x	V _y	V _z
						α _x	α _y	α _z
Fixed	TF		N	V _x	V _y	None	None	None
Longitudinally guided	TGe		N	V _x	V _y	Sliding	None	None
Transversally guided	TGe		N	V _x	V _y	None	Sliding	None
Free	TGa		N	V _x	V _y	Sliding	Sliding	Sliding



Gambar 2. 7 Tipe-Tipe *Pot Bearing*

Dikutip : Brosur Mageba Bearing

Keuntungan menggunakan Pot Bearing , yaitu :

- Daya tahan yang tinggi terhadap gaya horizontal yang besar dan mampu mendistribusikannya dengan aman.
- Daya tahan yang tinggi terhadap beban dinamis dan siklus “fatigue”.
- Mengakomodasi rotasi
- Tersedia kapasitas bervariasi dari 50 ton s/d 10000 ton

2.4. Pembebanan

Pembebanan pada jembatan dibutuhkan untuk menganalisa kebutuhan dimensi dari struktur jembatan. dimana dalam menganalisa pembebanan dilakukan pada saat beban layan dana beban selama proses pembangunan konstruksi. Besarnya pembebanann sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016.

2.4.1. Beban Tetap

1. Berat sendiri

Merupakan berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Faktor beban berat sendiri diatur pada SNI 1725:2016 7.1. Untuk lebih jelasnya lihat **Tabel 2.3** berikut :

Tabel 2. 3 Berat Isi Untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat/Satuan isi (kN/m^3)	Kerapatan massa (kg/m^3)
1	Aspal Beton	22	2240
2	Beton	22.0-25.0	2240-2560
3	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
4	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
5	Baja	77	7850

2. Beban mati tambahan / Superimposed Dead Load.

Merupakan berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Faktor beban mati diatur pada SNI 1725:2016 7.2.

Dalam Perhitungan, beban mati harus dikalikan dengan faktor. Untuk lebih jelasnya lihat **Tabel 2.4** berikut :

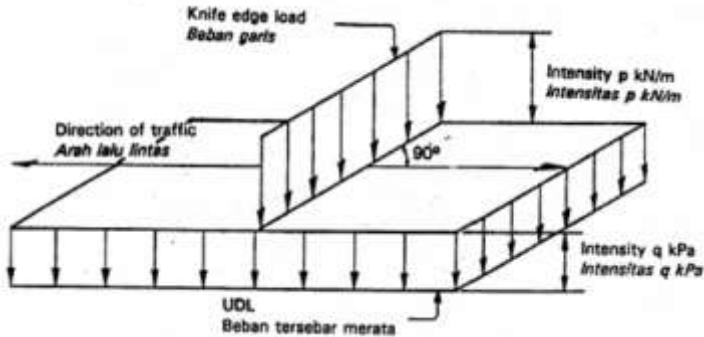
Tabel 2. 4 Faktor Beban Mati Tambahan

Jenis material	Faktor beban		
	K_{MS}^s	K_{MS}^U	
		Normal	Terkurangi
Baja, Alumunium	1,0	1,1	0,9
Beton pracetak	1,0	1,2	0.85
Beton cor setempat	1,0	1,3	0.75
Kayu	1,0	1,4	0,70

2.4.2. Beban Lalu Lintas

1. Beban lajur “D”.

Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suhu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan yang mempunyai bentang mulai dari sedang sampai panjang. Sesuai dengan SNI 1725:2016 8.3 beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (UDL) dan beban garis (KEL). Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 2.8** berikut :



Gambar 2.8 Beban Lajur “D”

Besarnya nilai beban terbagi rata (UDL) tergantung panjang bentangnya, seperti berikut :

$$- L \leq 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2.3)$$

$$- L > 30 \text{ m} \rightarrow q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2.4)$$

Dimana :

q = beban terbagi merata sepanjang jembatan

L = Panjang total jembatan yang dibebani (meter)

Besarnya nilai beban garis (KEL) yaitu :

$$p = 49,0 \text{ kN/m}$$

Beban garis harus ditempatkan tegak lurus dari arah melintang jembatan.

Dalam perhitungan, beban lajur “D” harus dikalikan dengan faktor beban. Untuk lebih jelasnya lihat **Tabel 2.5** berikut :

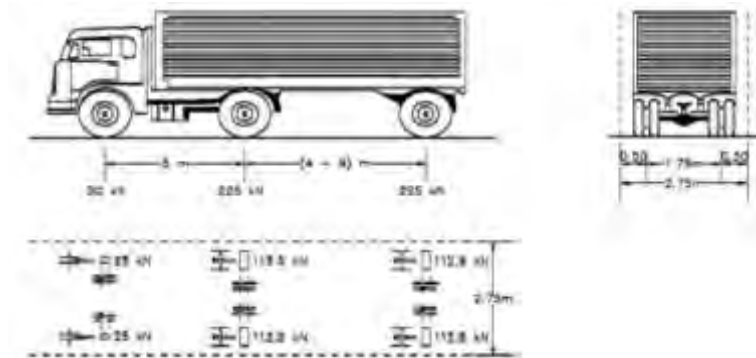
Tabel 2. 5 Faktor Beban Lajur “D”

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TD}^S	K_{TD}^U
Transien	1,0	2,0

2.4.3. Beban truck “ T “

Beban truck “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu-lintas rencana. Tiap as terdiri dari 2 bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana. Beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan rantai kendaraan.

Berdasarkan SNI 1725:2016 8.4 pembebanan truk terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang memiliki susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.8 Berat dari masing – masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut antara 4 m sampai 9 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Kendaraan truck harus diasumsikan berada ditengah lajur lalu-lintas dari arah memanjang jembatan. Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 2.9** berikut :



Gambar 2. 9 Beban Truck “T”

Dalam perhitungan, beban truk “T” harus dikalikan dengan faktor beban. Untuk lebih jelasnya lihat **Tabel 2.6** berikut :

Tabel 2. 6 Faktor Beban Truk “T”

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TT}^S	K_{TT}^U
Transien	1,0	2,0

2.4.4. Factor Beban Dinamis

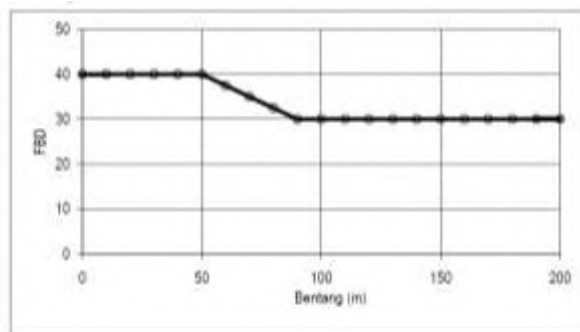
Factor beban dinamis (DLA) merupakan suatu interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya DLA tergantung dari frekuensi dasar dari suspense kendaraan, biasanya antara 2 - 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. DLA dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. Untuk pembebanan “D” : DLA merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen, diambil sama dengan panjang

bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekivalen LE diberikan dengan rumus :

$$L_E = \sqrt{L_{ev} \times L_{max}} \quad (2.5)$$

Dimana :

L_{ev} = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus. L_{max} = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus. Untuk pembebanan truk “T” : DLA diambil sebesar 0,3.



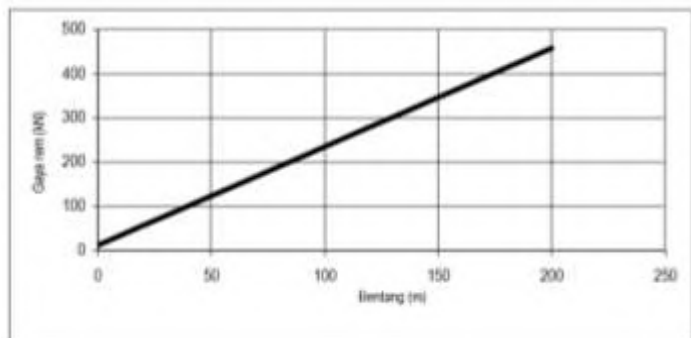
Gambar 2. 10 Faktor beban dinamis untuk beban lajur “D”

Nilai FBD untuk beban truk dinyatakan persentase. Pada **Gambar 2.10** merupakan grafik yang digunakan untuk mencari nilai DLA.

2.4.5. Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu-lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem diatur dalam SNI 1725:2016 ps 8.7.

Dalam perencanaan gaya rem tidak boleh digunakan tanpa beban lalu lintas vertikal yang bersangkutan. Dalam hal ini dimana pengaruh beban lalu lintas vertikal dapat mengurangi pengaruh dari gaya rem. Pada **Gambar 2.11.** merupakan grafik yang digunakan untuk mencari beban rem.



Gambar 2. 11 Gaya rem per lajur 2,75 m

Dalam perhitungan, beban rem harus dikalikan faktor. Dapat dilihat pada **Tabel.2.7.**

Tabel 2. 7 Faktor Beban Rem

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TB}^s	K_{TB}^U
Transien	1,0	1,8

2.4.6. Pembebanan Pejalan Kaki

Sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016 8.9 semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m² dari luas yang dibebani. Apabila trotoar memungkinkan bias digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20kN.

Dalam perhitungan, beban pejalan kaki harus dikalikan faktor.

Tabel 2. 8 Faktor Beban Pejalan Kaki

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TP}^s	K_{TP}^U
Transien	1,0	1,8

2.4.7. Beban Tumbukan pada Penyangga Jembatan

Pilar yang mendukung jembatan yang melintas jalan raya, jalan kereta api, dan navigasi sungai harus direncanakan mampu menahan beban tumbukan. Pilar

harus mampu menahan beban statis ekuivalen sebesar 100 kN yang bekerja membentuk sudut 10^0 dengan sumbu jalan yang terletak dibawah jembatan. Beban bekerja 1,8 m diatas permukaan jalan. Untuk beban tumbukan kapal, dapat diantisipasi dengan penggunaan fender terpisah dari pilar jembatan.

2.4.8. Beban Aksi Lingkungan

1. Beban Temperatur

Variasi temperatur ditetapkan sebagai berikut.

Tabel 2. 9 Tabel Variasi Temperatur

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Minimum	Temperatur Maksimum
Lantai beton diatas balok atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton diatas balok, boks atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja diatas balok, boks, atau rangka baja	15°C	45°C
Catatan : Temperatur minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi diatas 500 mdpl		

Besarnya pergerakan dan gaya yang terjadi akibat beban temperatur tergantung dari koefisien perpanjangan dan modulus elastisitas dari material yang dipakai pada jembatan, seperti ditetapkan pada tabel berikut.

Tabel 2. 10 Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas Bahan

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	200
Beton :		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	25
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	34

Besarnya Besarnya beban temperatur, harus dikalikan dengan faktor.

Tabel 2. 11 Faktor Beban Temperatur

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{ET}^s	K_{ET}^U
		Biasa Terkurangi
Transien	1,0	1,2 0,8

2. Beban

Tumbukan Batang Kayu

Berdasarkan SNI 1725:2016 9.4 dengan menganggap bahwa batang dengan massa minimum sebesar 2 ton hanyut pada kecepatan aliran rencana harus bisa ditahan dengan gaya maksimum berdasarkan lendutan elastis ekuivalen dari pilar. Lendutan ekuivalen untuk tumbukan batang kayu pada tabel 2.12

Tabel 2. 12 Lendutan ekivalen untuk tumbukan batang kayu

Tipe Pilar	d (m)
Pilar beton masif	0.075
Tiang beton perancah	0.150
Tiang kayu perancah	0.300

3. Beban Angin

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Perencanaan jembatan rangka mengacu pada peraturan SNI 1725:2016 9.6

Luas ekivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30% dari load yang dibatasi oleh batang-batang bagian luar.

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Dan apabila suatu kendaraan sedang melintasi jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai.

4. Beban Gempa

Dalam suatu perencanaan jembatan harus memperhitungkan beban akibat pengaruh terjadinya gempa. Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimate.

Pada Jembatan direncanakan dengan kemungkinan gempa terlampaui adalah 7% dalam 75 tahun.

Penentuan gaya gempa berdasarkan SNI 1725:2016 adalah:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times Wt \quad (2.6)$$

Dimana:

E_Q = Gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = Koefisien respons gempa elastik pada mode getar ke-m (Perhitungan C_{sm} ditentukan berdasarkan wilayah jembatan berada.)

R = Faktor modifikasi respons

Wt = Berat total struktur (beban mati + beban hidup)
(kN)

Nilai R ditentukan berdasarkan klasifikasi operasional jembatan tersebut. Nilai R dibedakan berdasarkan bangunan bawah dan berdasarkan hubungan antara elemen struktur. Sesuai dengan Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Nilai R untuk Bangunan Bawah

Bangunan Bawah	Klasifikasi Operasional		
	Sangat Penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang Vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang Miring	1,5	1,5	2,0
Kolom Tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang Baja dan Komposit			
Tiang Vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang Miring	1,5	2,0	3,0
Kolom Majemuk	1,5	3,5	5,0

Tabel 2. 14 Nilai R Untuk Hubungan Antara Elemen Struktur

Hubungan Elemen Struktur	Semua Klasifikasi Operasional
Bangunan Atas dan Kepala Jembatan	0,8
Sambungan muai pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan pondasi	1,0

Waktu dasar getaran jembatan (Perioda) yang digunakan untuk menghitung geser dasar harus dihitung dari analisa yang meninjau seluruh elemen bangunan yang memberikan kekakuan. Perhitungan perioda sederhana dapat memakai rumus:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2.7)$$

T = Perioda (detik)

m = massa bangunan

k = kekakuan

2.4.9. Beban Pelaksanaan

Beban pelaksanaan terdiri dari:

1. Beban yang disebabkan oleh aktivitas pelaksanaan itu sendiri.
2. Aksi lingkungan yang mungkin timbul selama waktu pelaksanaan.

Perencana harus membuat toleransi untuk berat perancah atau yang mungkin akan dipikul oleh bangunan sebagai hasil dari metoda atau urutan pelaksanaan. Perencana harus memperhitungkan adanya gaya yang timbul selama pelaksanaan dan stabilitas serta daya tahan dari bagian-bagian komponen.

Selama waktu pelaksanaan jembatan, tiap aksi lingkungan dapat bersamaan dengan beban pelaksanaan. Ahli teknik perencana harus menentukan tingkat kemungkinan kejadian demikian dan menggunakan faktor beban sesuai untuk aksi lingkungan yang bersangkutan.

2.5. Analisis Konstruksi Pelaksanaan (*Staging Analysis*)

Analisis konstruksi bertahap yang dikerjakan mengikuti pelaksanaan pembangunan Jembatan. Model dianalisis secara segmental sesuai dengan kenyataan di lapangan. Pada pelaksanaan pembangunan pelengkung di lapangan, terdapat kabel-kabel pembantu yang digunakan untuk menunjang rangka pelengkung selama pelaksanaan pembangunan.

Analisa konstruksi bertahap merupakan bagian dari analisis statis nonlinier yang menganalisa struktur dalam beberapa fase tingkat/ tahap. Ide dasar dari analisis ini adalah pada tahap awal, kondisi awal struktur adalah nol, dalam artian elemen struktur memiliki gaya-gaya dalam dan lendutan sama dengan nol. Semua elemen belum terbebani dan belum terjadi lendutan. Untuk tahapan analisa selanjutnya, merupakan kelanjutan dari analisis nonlinier pada tahapan sebelumnya. Maksud dari pernyataan ini yaitu gaya-gaya dalam dan deformasi pada tahap sebelumnya diikutsertakan pada analisis tahap berikutnya.

2.5.1. Analisis Sistem Rangka Baja Pada Konstruksi

Jembatan Busur

Rangka batang adalah susunan elemen-elemen yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak berubah bentuknya ketika diberi gaya-gaya dari luar. Pada struktur yang stabil deformasi yang terjadi relatif kecil, dan lentur tidak akan terjadi selama gaya-gaya luar

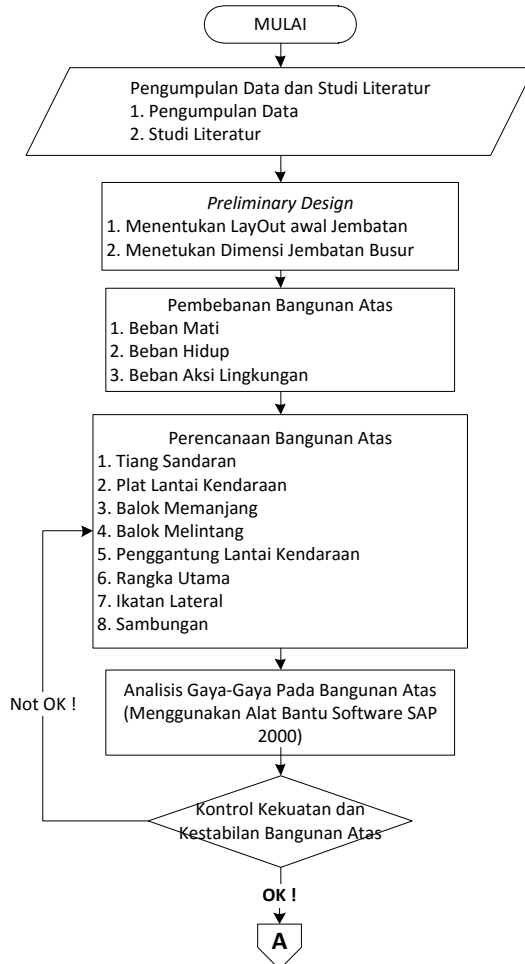
berada pada titik simpul. (Dien Aristadi, 2006). Sistem pada rangka batang adalah gaya-gaya yang ada dibatang merupakan gaya aksial, sehingga konstruksi ini memberikan dampak pada pengurangan berat sendiri struktur.

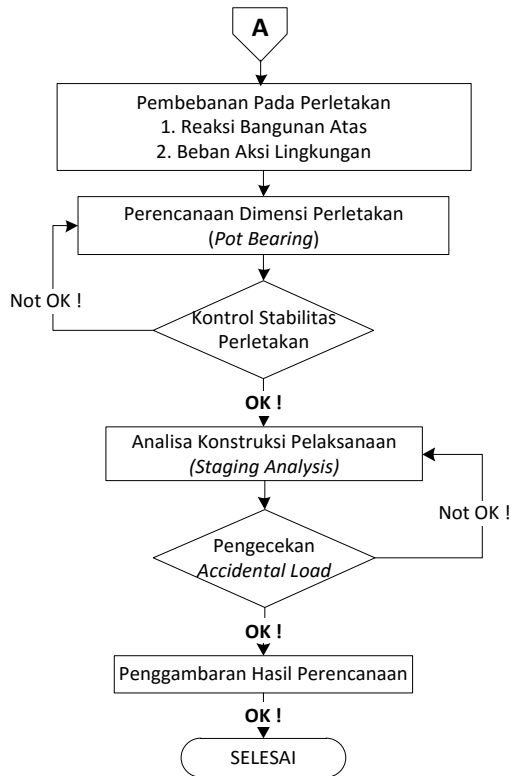
Bentuk konfigurasi dari busur dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan, sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien, dibandingkan dengan balok atau balok paralel. (Sugihardjo, 2016).

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Metodologi

Prosedur pengerjaan untuk menyelesaikan perencanaan jembatan ini sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan

3.2. Pengumpulan Data

Data – data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum jembatan, data bahan dan data tanah.

- Data Sungai

Nama Sungai : Sungai Segah

Lebar Sungai : 390 meter

Elevasi Dasar Sungai: - 20,50 meter

Elevasi M.A.N : - 12,635 meter

- Data Umum Jembatan (Existing)

Nama Jembatan : Jembatan Sei Segah

Lokasi Jembatan : Sungai Segah, Kota
Tanjung Redeb, Kabupaten
Berau, Kalimantan Timur.

Tipe Jembatan : Jembatan Rangka Baja
(*Warren Truss*)

Panjang Jembatan : 390 meter

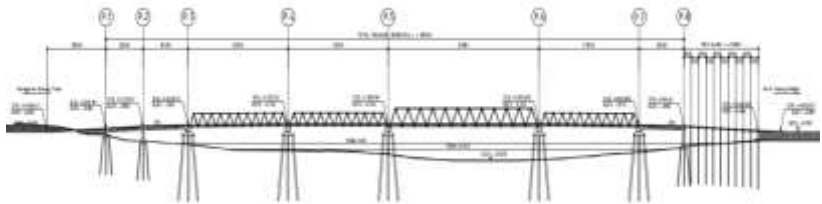
Lebar Lantai Kendaraan : 7 meter

Data – Data Tanah : Terlampir

Untuk lebih jelasnya lihat **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3**
berikut :



Gambar 3. 2 Peta Lokasi



Gambar 3. 3 Jembatan *Exisiting* Sei Segah

3.3. Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut berisikan tentang perencanaan jembatan busur rangka baja. Sumber literatur berupa jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, tesis, disertasi, majalah, dokumen pemerintah, dan media cetak maupun elektronik.

3.4. Preliminary Design

3.4.1. Menentukan *Lay Out* Awal Jembatan

Pola penetapan tata-letak (Layout) yang telah diaplikasikan sangat sesuai. Karena dalam menentukan lay out jembatan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Diklat Kuliah Konstruksi Jembatan, Djoko Irawan):

1. Dipilih lintasan yang sempit dan stabil
2. Aliran air yang lurus
3. Tebing tepian yang cukup tinggi dan stabil
4. Kondisi tanah dasar yang baik
5. Sumbu sungai dan sumbu jembatan diusahakan tegak lurus

6. Rintangan minimum pada waterway
7. Dipilih lokasi yang tidak memerlukan perlindungan profil
8. Diusahakan sesedikit mungkin pekerjaan di bawah air
9. Dipilih free board yang cukup besar
10. Approach yang lurus dan kuat
11. Jauh dari anak sungai
12. Dekat dengan jalur komunikasi

3.4.2. Menentukan Dimensi Jembatan Busur

Pada jembatan perencanaan ini terdiri dari 3 bentang yaitu 1 bentang dengan panjang 288 meter menggunakan rangkan busur dan bagian pendekat jembatan sisi kiri dan kanan dengan bentang 80 meter. Tipe jembatan yang direncanakan adalah rangka busur tipe *A Half – Through Arch*.

Dalam penentuan dimensi Rangka Busur perlu diperhatikan adalah:

1. Tinggi Busur

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \text{ didapatkan nilai “ } f \text{ ”} \quad (3.1)$$

Dimana: f = tinggi busur

L = bentang busur

2. Panjang Panel:

Untuk rangka baja panjang panel ditentukan oleh persyaratan berikut:

$$s < \frac{1}{15} L \quad (3.2)$$

Dimana: s = Panjang Panel
 L = bentang busur

3. Tinggi Tampang Busur untuk Rangka

- Rangka batang dengan batang tarik tidak dipengaruhi kekakuan batang tarik :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ didapatkan nilai " } t \text{ " } \quad (3.3)$$

Dimana: t = tinggi tampang
 L = bentang busur

4. Lebar Jembatan

Lebar yang dimaksud adalah jarak perletakan kiri-kanan paling luar terhadap besar bentang :

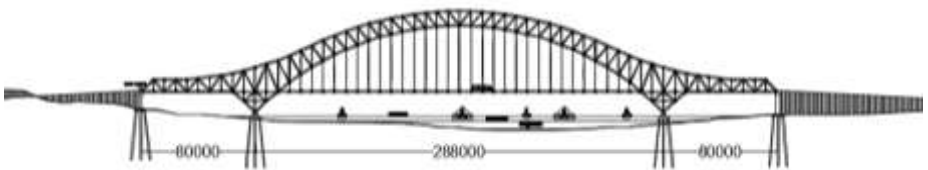
$$\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20} \text{ didapatkan nilai " } b \text{ " } \quad (3.4)$$

Dimana: b = lebar jembatan
 L = bentang busur

Dimensi dari komponen struktur ditentukan berdasarkan ketentuan BMS maupun peraturan lain atau berdasarkan peraturan umum. Berikut data modifikasi perencanaan jembatan :

Tipe Jembatan	: Jembatan Busur Rangka Baja
Panjang Jembatan	: 450 meter (1x288 m Rangka Busur sebagai Jembatan Utama + 2x80 m Rangka Atas sebagai Pendekat).
Lebar Jembatan	: 15 meter
Tinggi Tampang	: 10 meter
Tinggi Bebas	: 14 meter
Struktur Utama	
-Mutu Baja	: Baja BJ-55
-Kuat Leleh	: 410 Mpa
-Kuat Putus	: 550 Mpa
Lebar Lantai Kendaraan	: 14 meter
Lebar Trotoar	: 2 x 1,0 meter

Pada **Gambar 3.4** merupakan jembatan modifikasi yang telah disesuaikan dengan persyaratan yang telah ditetapkan.



Gambar 3.4 Jembatan Modifikasi Sei Segah

3.5. Pembebanan

Setiap elemen dari jembatan memiliki fungsinya masing-masing dimana elemen-elemen tersebut menahan beban – beban

yang terjadi pada suatu konstruksi jembatan. Standar acuan yang dipakai dalam studi ini adalah SNI 1725:2016. Pembebanan jembatan dan gaya yang digunakan dalam perhitungan tegangan-tegangan dalam konstruksi adalah beban primer, beban sekunder, dan beban khusus.

3.6. Perencanaan Bangunan Atas

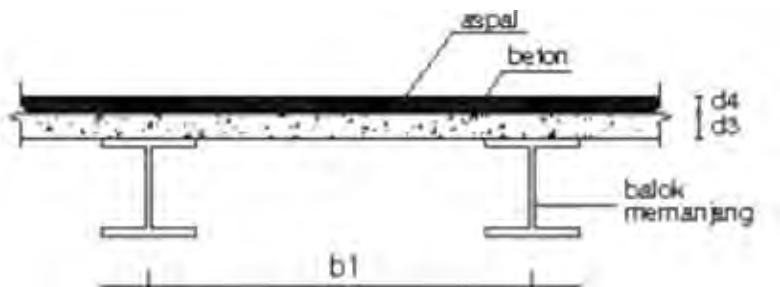
Bangunan atas merupakan bangunan yang melayani beban layan. Bangunan tersebut meliputi:

3.6.1. Tiang Sandaran dan Trotoar

Dalam hal perencanaan sandaran dan trotoar digunakan beberapa persyaratan yang terdapat di dalam peraturan Berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 12.5.

3.6.2. Plat Lantai Kendaraan

Menurut BMS 1992 pasal 6.7.1.2 untuk tebal minimum pelat kendaraan harus memenuhi persyaratan sebagai **Gambar 3.5** berikut :



Gambar 3. 5 Permodelan Plat Lantai

3.6.3. Gelagar Memanjang Dan Gelagar Melintang

Gelagar merupakan komponen struktur lentur yang tersusun secara demikian rupa agar dapat memikul beban yang untuk disalurkan ke bagian elemen lain didalam konstruksi jembatan.

3.6.4. Penggantung Lantai Kendaraan (Batang Tarik)

Batang tarik ini berfungsi untuk menahan beban yang disalurkan dari gelagar melintang untuk disalurkan ke rangka utama. Panjang dari batang tarik dicari dengan menggunakan rumus parabola. Batang tarik menggunakan profil Kabel Rod Bar dengan mutu Macalloy 520 bar system yang memiliki $f_y = 520$ Mpa dan $f_u = 660$ Mpa.

3.6.5. Rangka Utama

Rangka utama merupakan pemikul utama dari semua beban yang bekerja di jembatan. Rangka utama yang berbentuk busur dikarenakan memiliki kekuatan dan kestabilan dalam perencanaan jembatan bentang panjang. Dalam perencanaan rangka baja Jembatan rangka, panjang rangka dalam mengontrol tekuk dan gaya tarik harus menggunakan panjang efektif.

3.6.6. Ikatan Lateral

Ikatan lateral berupa ikatan angin dan portal akhir dimana fungsi utamanya adalah menahan gaya lateral yang berkerja pada jembatan.

Ikatan angin adalah penahan beban lateral yang bekerja pada konstruksi jembatan. Bentuk pada ikatan angin dapat berupa diagonal, vertikal, dan horizontal terhadap batang rangka utama.

Portal akhir adalah konstruksi yang meneruskan gaya dari ikatan angin atas ke tumpuan. Dimana rangka utama dan ikatan angin menjadi satu permodelan, tapi permodelan tersebut hanya dihitung pada bagian akhir jembatan.

3.6.7. Sambungan

Sambungan merupakan gabungan dari beberapa komponen menjadi satu komponen dengan menggunakan media sambung. Sehingga sambungan berfungsi sebagai pengikat dan penghubung.

1. Perencanaan Sambungan Las

Pada perencanaan ini digunakan *terminologi standart eletrode las E70XX*.

2. Perencanaan Sambungan Baut Mutu Tinggi (HTB)

Dalam menggunakan baut mutu tinggi harus menggunakan perhitungan tipe fiksi. Berikut langkah-langkah perhitungan:

3.7. Analisa Gaya-Gaya pada Bangunan Atas

Analisa struktur menggunakan bantuan *software* SAP 2000 untuk mendapatkan gaya dalam dan kebutuhan dimensi profil.

3.8. Kontrol Kekuatan dan Kestabilan Bangunan Atas

Kontrol ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan dari profil penampang yang bekerja di konstruksi jembatan. dimana profil tersebut mampu menahan gaya-gaya yang bekerja.

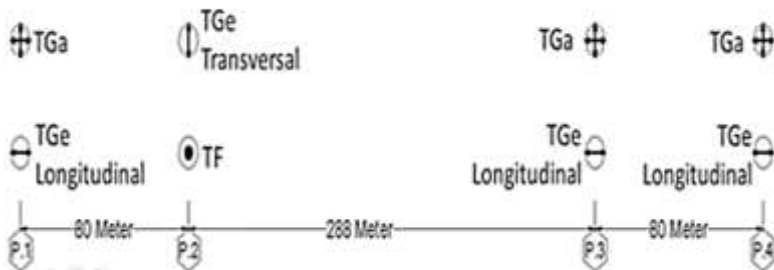
3.9. Pembebanan Pada Perletakan

Pembebanan yang diberikan pada perletakan berupa reaksi bangunan atas dan beban aksi lingkungan. Beban ini harus mampu ditahan oleh *pot bearing* agar jembatan tetap pada posisi yang telah direncanakan.

3.10. Perencanaan Perletakan (*Pot Bearing*)

Untuk perencanaan ini dipilih tipe Pot Bearing, yaitu struktur yang terdiri dari piston baja menumpu pada cakram elastomer yang “terkurung” dalam pot/ silinder baja. Bentuk permodelan perletakan jembatan modifikasi seperti pada **Gambar 3.6**

3.6



Gambar 3. 6 Permodelan Perletakan Jembatan Modifikasi

3.11. Kontrol Kestabilan Perletakan

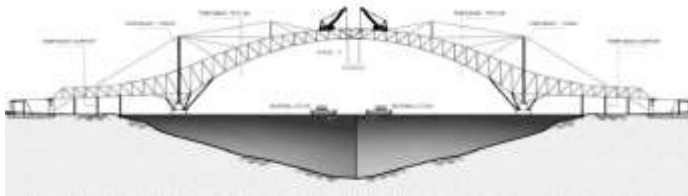
Kontrol ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan dari *pot bearing* sebagai tumpuan jembatan terhadap gaya-gaya yang bekerja pada jembatan.

3.12. Analisa Konstruksi Pelaksanaan (*Staging Analysis*)

Metode pelaksanaan jembatan busur menggunakan sistem *balance cantilever* sebagian dengan bantuan menara *temporay* sebagai penahan rangka busur yang dihubungkan dengan kabel-kabel penahan

Pemasangan rangka busur dilakukan per segmen yang dilakukan dari sisi tumpuan menuju puncak untuk melakukan penutupan batan (*closures*). Dimana pada saat penutupan batang harus meperhatikan temperatur agar susut atau memuai yang terjadi sesuai dengan yang direncanakan.

Setelah semua rangka baja busur terbentuk dilakukan pemasangan hanger dan gelagar melintang untuk menahan lantai kendaraan. Pekerjaan lantai kendaraan menggunakan alat berat crane dilakukan per segmen. Untuk lebih jelasnya pada **Gambar 3.7** merupakan permodelan metode pelaksanaan.



Gambar 3. 7 Permodelan Metode *Balance Cantilever*

3.13. Pengecekan Pembebanan Tak Terduga (*Accidental Load*)

Accidental load merupakan beban tambahan yang tak terduga diperhitungkan saat jembatan mengalami kerusakan. Pada pengecekan ini *accidental load* yang ditinjau adalah putusnya kabel penggantung di bagian tengah bentang.

Tujuan dari pengecekan *accidental load* ini adalah untuk mengetahui kemampuan struktur bila terjadi komponen elemen yang mengalami rusak akibat beban yang tak terduga. Sehingga memberi waktu untuk melakukan perbaikan jembatan oleh pihak yang terkait.

3.14. Hasil dan Pembahasan

Dalam tahap ini output dari analisa struktur yang menggunakan software SAP 2000 akan dianalisa dan akan dilakukan pembahasan terhadap data dan hasil perhitungan.

Penggambaran merupakan output terakhir dari analisa struktur yang telah dilakukan. Gambar yang dihasilkan antara lain: Denah, Tampak, Potongan, Detail.

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

Sebelum melakukan perhitungan struktur sekunder perlu dilakukan perkiraan dimensi awal berdasarkan referensi yang diperlukan dengan menyesuaikan pada parameter yang ada. Dimensi awal yang perlu diperkirakan antara lain meliputi pembentukan geometri busur, dimensi gelagar, kabel, yang kemudian akan digunakan sebagai data awal dalam analisa struktur. Jika ternyata dalam analisa diketahui kemampuan struktur tidak memenuhi syarat, maka perlu dilakukan perubahan pada parameter yang telah ditentukan.

4.1. Geometri Busur

a. Tinggi Busur

Perbandingan : $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$ didapatkan nilai “*f*”

Dicoba tinggi busur 57 meter, maka :

$$\frac{1}{6} \leq \frac{57}{288} \leq \frac{1}{5} \Rightarrow 0,167 \leq 0,198 \leq 0,200 \rightarrow Oke$$

b. Panjang Segmen

$$s \leq \frac{1}{15} L$$

Dicoba panjang segmen *s* = 8 meter, maka :

$$s \leq \frac{1}{15} L$$

$$8m \leq \frac{1}{15} 288m$$

$$8m < 19,2m \rightarrow Oke$$

$$n \text{ Segmen Busur} = \frac{288m}{8m} = 36 \text{ Segmen}$$

c. Tinggi Penampang Busur untuk Rangka

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ didapatkan nilai " } t \text{ "}$$

Dicoba tinggi penampang 10 meter, maka :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{10}{288} \leq \frac{1}{25} \Rightarrow 0,025 \leq 0,034 \leq 0,040 \rightarrow Oke$$

d. Lebar Jembatan

Lebar yang dimaksud adalah jarak perletakan kiri-kanan paling luar terhadap besar bentang :

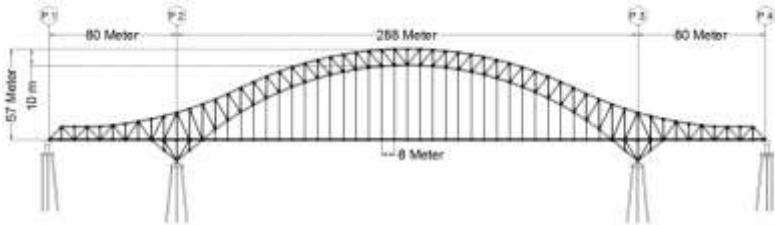
$$\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20} \text{ didapatkan nilai " } b \text{ "}$$

Dicoba lebar jembatan 10 meter, maka:

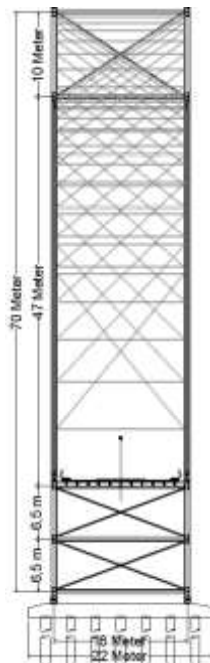
$$\frac{10}{288} \geq \frac{1}{20} \Rightarrow 0,035 \geq 0,05 \rightarrow Not$$

(Cek Kapasitas Base Shear)

Berikut **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2** ilustrasi jembatan arah memanjang dan arah melintang berdasarkan hasil persyaratan geometri busur.



Gambar 4. 1 Arah Memanjang Jembatan



Gambar 4. 2 Arah Melintang Jembatan

4.2. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Jarak antara gelagar memanjang adalah 1,3 m, maka

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq 100 + 40 b_1$$

$$t_s \geq 100 + 40 (1,3)$$

$$t_s \geq 152 \text{ mm}$$

digunakan plat tebal 20 cm, dengan tinggi *deck* baja tinggi 5,3 cm.

4.3. Perencanaan Kerb

Direncanakan, $h = 20 \text{ cm}$ dengan tulangan $\emptyset 12-100$ dan tulangan susut $\emptyset 8-100$.

4.4. Perencanaan Sandaran

Direncanakan, tebal plat kolom sandaran 3cm dan pipa sandaran 3 \emptyset 4 inchi.

4.5. Perencanaan Gelagar

Perencanaan gelagar jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 55, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Tegangan leleh $\rightarrow f_y = 410 \text{ Mpa}$
- Tegangan Ultimate $\rightarrow f_u = 550 \text{ Mpa}$
- Modulus Elastisitas, $E = 196133 \text{ Mpa}$
- Jarak Gelagar Memanjang = 1,3 m
- Jarak Gelagar Melintang = 8 m
- Panjang Panel = 8 m

4.6. Perencanaan Penggantung

Panjang dari penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometri busur.

$$Y_n = \frac{4 x f x dx x (L - X)}{L^2}$$

Pada tabel 4.1 hasil panjang penggantung dengan tinjauan ½ bentang. penggantung menggunakan profil kabel Rod Bar M100 (Ø 97mm), $F_y = 520 \text{ Mpa}$; $F_u = 660 \text{ Mpa}$.

Tabel 4. 1 Panjang Batang Tarik

Titik	Panjang
1	6.2
2	12.0
3	17.4
4	22.5
5	27.3
6	31.7
7	35.7
8	39.4
9	42.8
10	45.7
11	48.4
12	50.7
13	52.6
14	54.2
15	55.4
16	56.3
17	56.8
18	57.0

4.7. Perencanaan Rangka Jembatan

Untuk perencanaan ini harus dianalisa terlebih dahulu, sehingga kebutuhan profil sesuai dengan gaya aksial yang bekerja pada batang di rangka jembatan.

4.8. Perencanaan Ikatan Jembatan

Perencanaan ini merupakan struktur untuk memperkuat dari struktur utama yang berfungsi untuk memberikan stabilitas terhadapat rangka jembatan.

Pada *preliminary design* ini digunakan

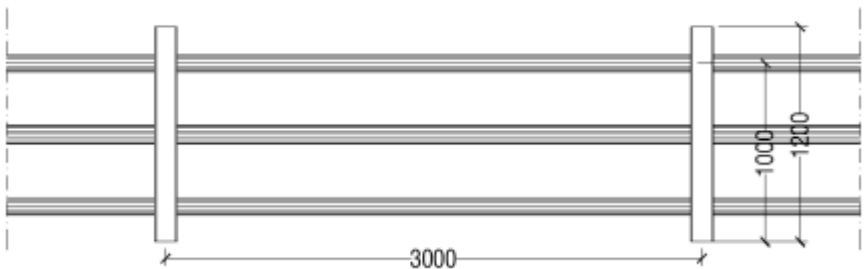
- Ikatan Angin Busur Atas
2L 150.150.15
- Ikatan Angin Busur Bawah
2L 175.175.15
- Ikatan Angin Lantai Kendaraan
2L 200.200.20
- Ikatan Silang Rangka
HB 400.400.13.21

BAB V STRUKTUR SEKUNDER

Struktur sekunder pada jembatan ini terdiri dari tang sandaran, pipa sandaran dan pelat lantai. Dalam perhitungan, struktur sekunder tidak dianalisa bersama-sama dengan struktur utama, melainkan dianalisa secara terpisah. Hal ini karena struktur sekunder dianggap tidak banyak mempengaruhi perilaku struktur utama. Hasil perhitungan struktur sekunder berlaku sebagai beban saat menganalisa struktur utama.

5.1. Perencanaan Tiang dan Pipa Sandaran

Berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 12.5, beban yang bekerja pada sandaran adalah berupa gaya horizontal dan vertikal sebesar $w = 0,75 \text{ kN/m}$ dan bekerja pada ketinggian 100cm dari lantai trotoar. Sandaran menggunakan profil WF, lihat **Gambar 5.1**.



Gambar 5.1 Tiang Sandaran

Data perencanaan sandaran:

Panjang total sandaran = 288 m

Jarak tiang sandaran = 3 m

Bahan yang digunakan

1. Tiang sandaran BJ 41

$f_u = 410 \text{ Mpa}$

$f_y = 250 \text{ Mpa}$

2. Pipa sandaran 01 (BJ 41):

Diameter = 4 inchi

Tebal = 2,9 mm

Berat = 7,94 kg/m

5.1.1. Perhitungan Momen dan Pipa Sandaran

- 1) Akibat berat sendiri pipa sandaran

$$\begin{aligned} M_{VD} &= (1/8).q.L^2 \\ &= (1/8) \cdot ((7,94 \times 3) + (7,94 \times 3) + (7,94 \times 3)) \cdot 3^2 \\ &= 80,39 \text{ kgm} = 0,804 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- 2) Akibat beban Vertikal

$$\begin{aligned} M_{VL} &= (1/8).w.L^2 \\ &= (1/8) \cdot 0,75 \text{ kN/m} \cdot 3^2 \\ &= 0,844 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_v &= M_{VD} + M_{VL} \\ &= (0,804 + 0,844) \text{ kNm} \\ &= 1,648 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- 3) Akibat beban Horizontal

$$\begin{aligned} M_H &= (1/8).w.L^2 \\ &= (1/8) \cdot 0,75 \text{ kN/m} \cdot 3^2 \end{aligned}$$

$$= 0,844 \text{ kNm}$$

Momen Resultan (M_u)

$$\begin{aligned} Mu &= \sqrt{MH^2 + MV^2} \\ &= \sqrt{0,844^2 + 1,648^2} \\ &= 1,85 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5.1.2. Cek Kekuatan Profil Pipa Sandaran

1) Batas kelangsingan profil

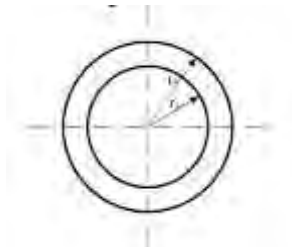
$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{d_o}{t} = \frac{100}{2,9} = 34,48 \\ \lambda_p &= \frac{14800}{f_y} = \frac{14800}{250} = 59,2 \end{aligned}$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$

2) Kuat Lentur Nominal

$$Z_x = \frac{4}{3} (r_o^3 - r_i^3) = \frac{4}{3} (50,8^3 - 21,8^3) = 160981,71 \text{ mm}^3$$

Ilustrasi penampang pipa sandaran, lihat **Gambar 5.2**.



Gambar 5. 2 Penampang Pipa Sandaran

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z_x \cdot f_y = 160981,71 \text{ mm}^3 \cdot 250 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 40245427,5 \text{ Nmm} \\
 &= 40,245 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \cdot 40,245 \\
 &= 36,221 \text{ kNm} > M_u = 1,85 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Maka profil dapat digunakan.

5.1.3. Perencanaan Tiang Sandaran

Direncanakan tiang sandaran menggunakan baja profil WF 125.60.6.8 dengan spesifikasi :

$$\begin{array}{llll}
 d &= 125 \text{ mm} & tw &= 6,0 \text{ mm} \\
 bf &= 60 \text{ mm} & tf &= 8,0 \text{ mm} \\
 r &= 9 \text{ mm} & w &= 13,22 \text{ kg/m} \\
 I_x &= 413 \text{ cm}^4 & I_y &= 29 \text{ cm}^4 \\
 S_x &= 66 \text{ cm}^3 & S_y &= 10 \text{ cm}^3
 \end{array}$$

Sifat mekanis baja struktural

$$\begin{aligned}
 BJ &= 37 \\
 f_u &= 370 \text{ MPa} \\
 f_y &= 240 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban horizontal} = 3 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ kN/m} = 2,25 \text{ kN}$$

$$\text{Tinggi tiang sandaran} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Momen yang terjadi} = 1,2 \text{ m} \cdot 2,25 \text{ kN} = 2,7 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z_x \cdot f_y = 66000 \text{ mm}^3 \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 15840000 \text{ Nmm} \\
 &= 15,84 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \cdot 15,84 \\
 &= 14,26 \text{ kNm} > M_{\text{Terjadi}} = 2,7 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Maka profil dapat digunakan.

5.1.4. Perencanaan Sambungan Las Tiang Sandaran

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 38 - 1,6 = 36,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$fRn_{\text{Perlu}} = \frac{Vu_{\text{Badan}}}{A} = \frac{(2,25) \times 1000}{1 \times 2 \times (125 \text{ mm})} = 9,0 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

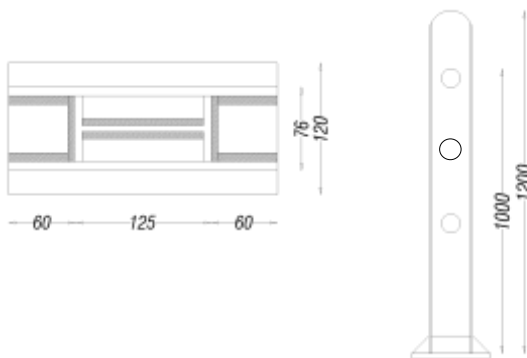
$$\phi Rn_w = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot fu_w) \rightarrow \text{mutu las } fu_w = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi Rn_{\text{Perlu}}}{\phi Rn} = \frac{9,0}{155,89 a} = 0,05 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$

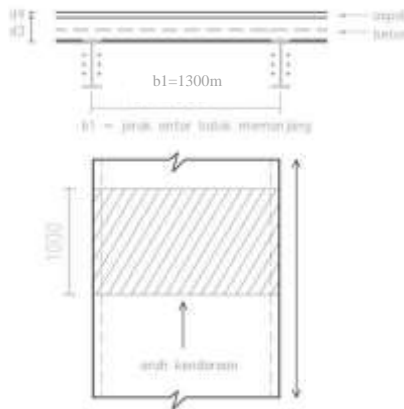
Berikut gambar sambungan las tiang sandaran, **Gambar 5.3**



Gambar 5.3 Sambungan las (satuan mm)

5.2. Perencanaan Plat Lantai Kendaraan

5.2.1. Tebal Plat Lantai



Gambar 5. 4 Permodelan Plat Kendaraan (satuan mm)

Direncanakan :

$$d3 \geq 200 \text{ mm}$$

$$d3 \geq 100 + 40 b1$$

$$d3 \geq 100 + 40 (1,3)$$

$$d3 \geq 152 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 200 \text{ mm}$$

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{8 \text{ m}}{1,3 \text{ m}} = 6,15 > 2 \rightarrow \text{plat 1 arah}$$

5.2.2. Pembebanan

Metode perencanaan penulangan plat lantai kendaraan adalah metode Ultimate.

- Faktor beban K^U_{MS} (beton cor ditempat)= 1,3
- Faktor beban K^U_{MS} (beton aspal)= 1,4

- Faktor beban K^U_{TT} (muatan truk T) = 2,0

a. Beban Mati :

$$\begin{aligned}\Rightarrow \text{Berat plat} &= d3 \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m} \times K^U_{MS} \\ &= 0,2\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 \times 1 \times 1,3 = 6,24 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \text{Berat aspal} &= d4 \times \gamma_{\text{aspal}} \times 1 \text{ m} \times K^U_{MS} \\ &= 0,2\text{m} \times 22\text{kN/m}^3 \times 1 \times 1,4 = \underline{6,16 \text{ kN/m}} \\ \mathbf{q_M} &= 12,4 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

b. Beban Hidup :

Beban roda truk 'T' = 112,5 kN, maka DLA untuk pembebanan truk = 0.3

$$\begin{aligned}T_{(U)} &= (1 + \text{DLA}) \times 'T' \times K^U_{TT} \\ T_{(U)} &= (1 + 0,3) \times 112,5 \times 2 = 292,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

5.2.3. Analisa Gaya Dalam

- Perhitungan Momen Arah Melintang (M_x) :

a. Beban Mati :

$$\begin{aligned}Mu &= \frac{1}{10} \times q_{M(U)} \times b l^2 \\ &= \frac{1}{10} \times (12,4 \text{ kN/m}) \times (1,3 \text{ m})^2 \\ &= 2,096 \text{ kNm}\end{aligned}$$

b. Beban Hidup :

$$Mu = 0,8 \times \frac{S + 0,6}{10} \times T_{(U)}, \text{ dimana } S = b l$$

$$= 0,8 \times \frac{1,3 + 0,6}{10} \times 292,5 \text{ kN} = 44,46 \text{ kNm}$$

c. Beban Total :

$$Mu = 2,096 \text{ kNm} + 44,46 \text{ kNm} = 46,56 \text{ kNm}$$

5.2.4. Penulangan Plat Kendaraan

Digunakan Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat} = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 16 \text{ mm (arah x)}$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 12 \text{ mm (arah y)}$$

$$\text{BJ TD 40} \rightarrow f_y = 390 \text{ Mpa} ; f_u = 500 \text{ Mpa}$$

Tulangan arah melintang lapangan (arah x) dan tumpuan
(arah y)

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 (35 - 30) \\ &= 0,81 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{46,56}{0,8} = 58,20 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} \cdot \beta \\ &= \frac{0,85 \cdot 35}{390} \cdot \frac{600}{(600 + 390)} \cdot 0,81 = 0,0373 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0373 = 0,02797$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00358$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 35} = 13,109$$

Tebal plat (h) = 200 mm

a. Penulangan Pada Arah Melintang

Dipakai tulangan D16 (arah X)

$$d = 200 - 40 - \frac{16}{2} = 152 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{58,20 \cdot 10^6}{1000 \cdot 152^2} = 2,52 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{13,109} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 2,52}{390}} \right]$$

$$= 0,00676 > \rho_{\min}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,00358 < 0,00676 < 0,02797 \dots \mathbf{Ok}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,00676$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00676 \cdot 1000 \cdot 152$$

$$= 1027,70 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2 b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{1027,70} = 195,64 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 180 \text{ mm}$$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2 b}{S} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{180}$$

$$= 1117,01 \text{ mm}^2$$

Dipakai D16–150; $A_s = 1117,01 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 1027,70 \text{ mm}^2 \dots \text{Ok}$

b. Pada Arah Memanjang

Dipakai tulangan $\phi 12$ (arah Y)

$$d = 200 - 40 - 16 - 12/2 = 138 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{sy} &= \rho_{susut} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 138 \\ &= 248,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2 b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{248,4} = 455,3 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 400 \text{ mm}$$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2 b}{S} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{400} = 282,74 \text{ mm}^2$$

Dipakai $\phi 12 - 400$; $A_s = 282,74 \text{ mm}^2 > A_{sy} = 248,4 \text{ mm}^2$

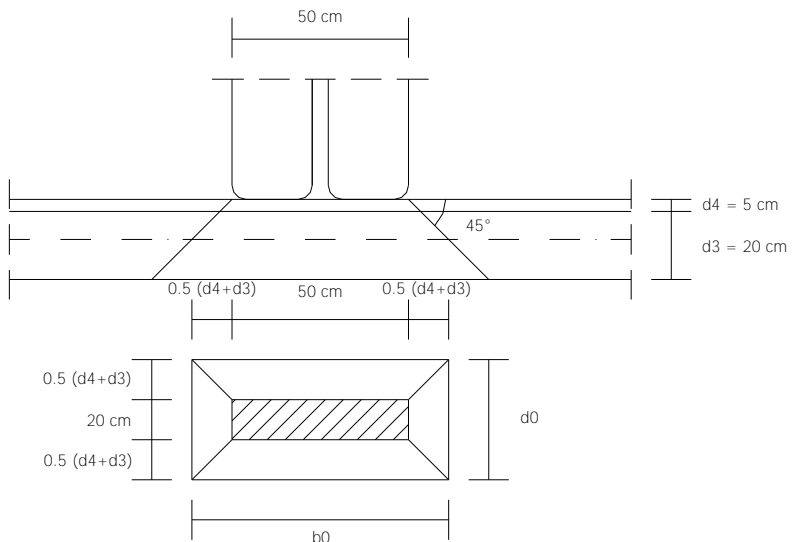
5.2.5. Kontrol Geser Pons

Perencanaan penampang akibat geser didasarkan pada roda tengah. Muatan "T" dengan $P = 100 \text{ KN}$ dengan luas bidang kontak roda $500\text{mm} \times 200\text{mm}$.

Dimana, $V_u \leq V_c$

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang di tinjau

V_c = kuat geser nominal beton tanpa memperhitungkan tulangan geser



Gambar 5. 5 Kontak Bidang Geser Pons (satuan cm)

a. Keliling Kritis :

$$\begin{aligned}
 U &= 2 (b_0 + d_0) \\
 &= 2 [(0,5 \times 25 + 50 + 0,5 \times 25) + (0,5 \times 25 + 20 + 0,5 \times 25)] \\
 &= 2 [(25 + 50) + (25 + 20)] = 240 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b. Luas Kritis :

$$\begin{aligned} A &= U \times (d_4 + d_3) \\ &= 240 \times (5 + 20) \\ &= 6000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

c. Gaya Geser Ultimate :

$$\begin{aligned} V_n &= K_{TT}^U \times 100 \times (1 + DLA) \\ &= 2,0 \times 100 \times (1 + 0,3) = 260 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{u_c} = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times U \times d_0$$

$$\text{Dimana : } \beta = \frac{50}{20} = 2,5$$

$$\begin{aligned} V_{u_c} &= \left(1 + \frac{2}{2,5}\right) \times \left(\frac{\sqrt{35}}{6}\right) \times 2400 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \\ &= 1916784 \text{ N} = 1916,784 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \times U \times d_0 \\ &= \frac{\sqrt{35}}{3} \times 2400 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} \\ &= 2129788,722 \text{ N} = 2129,7887 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kuat penampang pada geser harus memenuhi :

$$V_c > V_{u_c}$$

$$2129,7887 \text{ kN} > 1916,784 \text{ kN} \rightarrow \text{dipakai } V_{u_c}$$

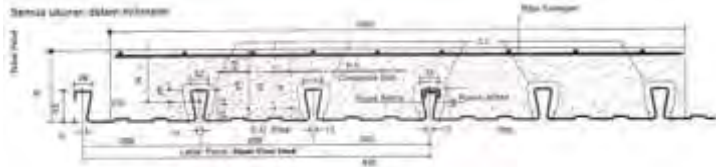
$$V_n \leq V_{u_c}$$

$$260 \text{ kN} \leq 1916,784 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{Ok}$$

5.2.6. Kontrol Deck Slab

Diketahui momen maximum (M_{DL}) = 1,296 kNm

Direncanakan deck baja type Super Floor Deck



Gambar 5. 6 Permodelan Deck Slab

$$t = 0,75 \text{ mm}$$

$$w = 10,1 \text{ kg/m}^2$$

$$A = 1241 \text{ mm}^2$$

$$I = 0,425 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$Y_c = 38,6 \text{ mm}$$

$$Y_t = 15,4 \text{ mm}$$

$$w_1 = \frac{I}{Y_c} = \frac{0,425 \times 10^6}{38,6} = 11010,36 \text{ mm}^3$$

$$w_2 = \frac{I}{Y_t} = \frac{0,425 \times 10^6}{15,4} = 27597,40 \text{ mm}^3$$

Diambil yang terbesar yaitu $w_2 = w_x = 27,5974 \text{ cm}^3$

Cek tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{Terjadi}} &= \frac{M}{w_x} \\ &= \frac{1,296 \cdot 10^2 \text{ kgcm}}{27,5974 \text{ cm}^3} = 4,69 \text{ Kg / cm}^2 < \sigma_{\text{ijin}} = 1867 \text{ Kg / cm}^2 \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

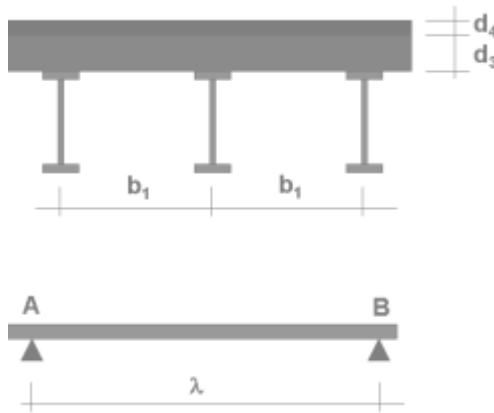
BAB VI

PERENCANAAN GELAGAR MEMANJANG DAN GELAGAR MELINTANG

Perencanaan gelagar terdiri dari gelagar memanjang dan gelagar melintang. Fungsi gelagar adalah untuk menyalurkan beban yang bekerja diatas lantai kendaraan ke pemikul yaitu rangka utama. Dalam proses perhitungan gelagar diasumsikan sebagai *simple beam* dengan tumpuan sendi – sendi. Pembebanan pada gelagar mengikuti SNI 1725:2016

6.1. Perencanaan Gelagar Memanjang

Pada **Gambar 6.1** merupakan ilustrasi dari permodelan untuk gelagar memanjang.



Gambar 6. 1 Permodelan Gelagar Memanjang

Balok sederhana tertumpu pada balok melintang A dan B adalah perletakan sederhana. Balok memanjang dihubungkan dengan “simple connection” ke balok melintang.

Direncanakan balok memanjang memakai profil WF 588.300.12.20 dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W &= 151,11 \text{ kg/m} & S_y &= 601 \text{ cm}^3 & t_w &= 12 \text{ mm} \\
 b_f &= 300 \text{ mm} & i_x &= 24,76 \text{ cm} & t_f &= 20 \text{ mm} \\
 d &= 588 \text{ mm} & i_y &= 6,85 \text{ cm} & r &= 28 \text{ mm} \\
 A &= 192,5 \text{ cm}^2 & I_x &= 118000 \text{ cm}^4 & f_y &= 410 \text{ Mpa} \\
 S_x &= 4010 \text{ cm}^3 & I_y &= 9020 \text{ cm}^4 & f_u &= 550 \text{ Mpa} \\
 Z_x &= 4309 \text{ cm}^3 & Z_y &= 920 \text{ cm}^3 & & \\
 h &= d - 2(t_f + r) = 588 - 2(20 + 28) = 492 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

6.1.1. Pembebanan

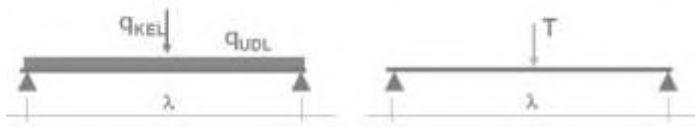
1) Beban Mati

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat jembatan itu sendiri yang ditinjau dan termaksud segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengan jembatan.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat aspal} &= d_4 \cdot b_1 \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot K_{ms} \\
 &= (0,05) \cdot (1,3) \cdot 22 \cdot 1,4 = 2,002 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat Beton} &= d_3 \cdot b_1 \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms} \\
 &= (0,2) \cdot (1,3) \cdot 24 \cdot 1,3 = 8,112 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat sendiri Balok} &= W \cdot K_{ms} \\
 &= 1,51 \cdot 1,1 = 1,661 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat Steeldeck} &= w \cdot K_{ms} \\
 &= 0,101 \cdot 1,1 = \underline{0,111 \text{ kN/m}} \\
 q_{DL} &= 11,886 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2) Beban Hidup

Beban Hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan yang bergerak pada jembatan. Penggunaan beban hidup di atas jembatan yang harus ditinjau dalam beban “D”, beban “BGT”, dan beban “T”. Berikut **Gambar 6.2** ilustrasi pembebanan pada gelagar memanjang.



Gambar 6. 2 Model gambar perhitungan beban lalu lintas balok memanjang (Irawan, 2016)

a. Beban Terbagi Rata (BTR)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 memiliki rumus sebagai berikut:

Untuk $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9 \text{ kPa}$

Untuk $L > 30 \text{ m}$: $q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$

Karena panjang gelagar adalah 8 meter maka,

$L < 30 \text{ m} \rightarrow q = 9 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned} q_{\text{BTR}} &= q \times b_1 \times K^{\text{UTD}} \\ &= (9 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,3 \text{ m} \cdot 2 \\ &= 23,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban Garis Terpusat (BGT)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 besarnya beban BGT adalah 49 kN/m. Dengan panjang utama sebesar 288 m dan bentang samping 80 m, maka:

DLA untuk $L > 90 \Rightarrow 0,3$

$$\begin{aligned} P'_{100\%} &= P (1 + \text{DLA}) . b1 . K^{\text{UTD}} \\ &= 49 (1 + 0,3) . 1,3 . 2 \\ &= 165,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Beban Truk (T)

Beban truk dianalisa sebagai beban terpusat yang berjalan di lantai kendaraan sepanjang jembatan. Untuk pembebanan truk diambil sebesar 30% (SNI 1725:2016 ps. 8.6).

$$\begin{aligned} T_{(U)} &= 112,5 \text{ kN/m} . (1+30\%) . K^{\text{UTT}} \\ &= 112,5 \text{ kN/m} . (1,3) . 2 \\ &= 292,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

d. Beban Pelaksanaan (PLK)

Berdasarkan pada SNI 1725:2016 ps. 10.3 beban pelaksanaan adalah beban aktivitas pada saat konstruksi. Pada desain ini diasumsikan sebesar 2,5 kN/m, dengan rincian :

1. Pekerja = 1 kN/m
2. Peralatan, dll. = 1,5 kN/m

$$\begin{aligned} q_{\text{PLK}} &= 2,5 \text{ kN/m} \times \text{Load Factor} \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \times 1,00 \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3) Kombinasi Beban

Merupakan pengaruh beban tersebut terhadap gelagar pada saat keadaan ultimit, sehingga dapat mendisain profil penampang yang dapat menahan beban tersebut. Pada **Tabel 6.1** merupakan kombinasi pembebanan yang diberikan pada gelagar.

Tabel 6. 1 Kombinasi pembebanan

Tipe	Beban
COMB1	DL + LL(BTR+BGT+PLK)
COMB2	DL + LL(T+PLK)

6.1.2. Hasil Analisa Gaya Dalam

Analisa gaya dalam untuk gelagar memanjang menggunakan program bantu SAP2000. Struktur dimodelkan sebagai balok sederhana dengan panjang 8 m. berikut hasil analisa dapat dilihat pada tabel 6.2.

Tabel 6. 2 Hasil analisa struktur dengan SAP 2000

Output Case	V2	M3
	kN	kN-m
COMB1	245,393	656,406
COMB2	215,233	722,966

Dari hasil analisa di atas dapat dilihat bahwa COMB2 lebih menentukan, dengan memiliki nilai beban lebih besar.

Hasil Gaya Dalam COMB2 :



Gambar 6. 3 Diagram Gaya Dalam COMB2 Gelagar Memanjang

6.1.3. Analisa Kapasitas Profil

a. Kontrol Momen Lentur

⇒ Akibat Tekuk Lokal

Badan :

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{492}{12} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$41 \leq 82,97 \dots \text{Ok}$$

Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2.20} \leq \frac{170}{\sqrt{410}}$$

$$7,5 \leq 8,39 \dots \text{Ok}$$

Jadi : Penampang Kompak → **M_n = M_p**

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 4309 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 17666900 \text{ kgcm} = 1766,69 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_u < \Phi \cdot M_p$$

$$722,966 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 1766,69 \text{ kNm}$$

$$722,966 \text{ kNm} < 1590,021 \text{ kNm} \dots \text{Ok}$$

⇒ Akibat Tekuk Lateral

$$L_b = 800 \text{ cm}$$

$$L_p = 390,3 \text{ cm}$$

$$L_r = 598 \text{ cm}$$

Maka, $L_b > L_r \rightarrow$ Bentang Panjang

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L} \right)^2 \cdot I_y \cdot C_w}$$

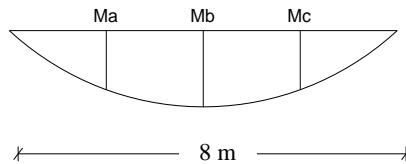
$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$M_{\max} = 637,6 \text{ kNm}$$

$$M_A = 348,2 \text{ kNm}$$

$$M_B = 637,6 \text{ kNm}$$

$$M_C = 348,2 \text{ kNm}$$



$$C_b = \frac{12,5 (637,6)}{2,5(637,6) + 3(348,2) + 4(637,6) + 3(348,2)}$$

$$C_b = 1,28$$

$$J = \frac{1}{3} \left[2(300)(20)^3 + 588.(12)^3 \right] = 1938688 \text{ mm}^4$$

$$G = 8.10^4$$

$$C_w = \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{\frac{1}{12} \times 20 \times 300^3 \times (588 + 20)^2}{2} = 8,31744.10^{12}$$

$$M_n = 1,28 \frac{\pi}{8000} \sqrt{2.10^5 \times 9,0210^7 \times 8.10^4 \times 19,39.10^5 + \left(\frac{\pi \cdot 2.10^5}{8000} \right)^2 \times 9,0210^7 \times 8317440 \cdot 10^6}$$

$$M_n = 1369,78 \text{ kNm} < M_p = 1766,69 \text{ kNm}$$

digunakan M_n karena nilai terkecil

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1369,78 = 1232,802 \text{ kNm} > M_u = 722,966 \text{ kNm}$$

b. Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan harus memenuhi $\Delta_0 < \Delta$ dan pembebanan tidak dikali dengan Load Factor, dimana :

Δ_0 = Lendutan yang terjadi (akibat beban hidup saja)

Δ = Lendutan ijin

⇒ Mencari Δ Ijin

$$\begin{aligned} \Delta \text{ Ijin} &= (1/800) \cdot \lambda \\ &= (1/800) \cdot 800 \text{ cm} = 1,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

⇒ Mencari Δ Terjadi

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{Terjadi}} &= \frac{5}{384} \frac{q_{DL} \lambda^4}{E.I_x} + \frac{5}{384} \frac{q_{LL} \lambda^4}{E.I_x} + \frac{1}{48} \frac{P L^3}{E.I_x} \\ &= \frac{5}{384} \frac{9,30 \cdot 800^4}{2.10^6 \cdot 118000} + \frac{5}{384} \frac{11,7 \cdot 800^4}{2.10^6 \cdot 118000} + \frac{1}{48} \frac{82,81 \cdot 800^3}{2.10^6 \cdot 118000} \\ &= 0,478 \text{ cm} \end{aligned}$$

Chek : $\Delta_{\text{Terjadi}} \leq \Delta_{\text{Ijin}}$

$$0,478 \text{ cm} \leq 1,0 \text{ cm} \rightarrow \text{Ok}$$

c. Kontrol Gaya Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{tw} &= \frac{492}{12} = 41 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{410}} = 54,32 \end{aligned} \right\} \quad \frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

maka, Plastis

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{web} \\ &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d \cdot tw) \\ &= 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 (58,5 \text{ cm} \cdot 1,2 \text{ cm}) \\ &= 172692 \text{ kg} = 1726,92 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u = 233,95 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat :} \quad V_u &< \phi \cdot V_n \\ 215,233 \text{ kN} &< 0,9 \cdot (1726,92) \text{ kN} \\ 215,233 \text{ kN} &< 1554,23 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Kesimpulan : Balok memanjang memakai profil WF 588.300.12.20

6.1.4. Analisa Sambungan

Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah baut dan kemampuan plat penyambung yang dibutuhkan pada sambungan gelagar memanjang ke gelagar melintang.

Data perencanaan:

- Gaya Geser max = 233,95 kN
- Baut (A325) = Ø16 mm → *Proof Stress* = 585 Mpa
- Profil = WF 500.300.12.20

- Tebal Plat Penyambung = 20 mm

a. Sambungan Baut

Perhitungan Baut Tipe Gesek (*Friksi*):

- Jarak antar Baut : $3db < s < 15Tp$

$$48 < 100 < 300 \rightarrow \text{digunakan } s = 100 \text{ mm}$$

- Jarak antar Baut ke Tepi : $1,5db < s < 12Tp$

$$48 < 100 < 240 \rightarrow \text{digunakan } s = 100 \text{ mm}$$

- Lubang Baut = $db + 1,5 \text{ mm}$

$$16 + 1,5 \text{ mm} = 17,5 \text{ mm}$$

- *Proof Load* :

$$\begin{aligned} Tb &= Ab \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress} \\ &= 200,96 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa} \\ &= 88171,2 \text{ N} \rightarrow 88,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Bidang Geser (m) = 2

- Koef. Plat Bersih (μ) = 0,35

- Lubang Standar (ϕ) = 1

Rumus Baut Tipe Gesek:

$$\begin{aligned} Vh &= 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot Tb \\ &= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 88,17 \text{ kN} \\ &= 69,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vd &= \phi \cdot Vh \\ &= 1 \cdot 69,74 \text{ kN} = 69,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$n \text{ baut} = \frac{Vu}{Vn} = \frac{233,95 \text{ kN}}{69,74 \text{ kN}} = 3,35 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

$$V_u = 215,233 \text{ kN} < n \cdot V_d = 4 \cdot 69,75 = 279 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

b. Kontrol Plat Penyambung

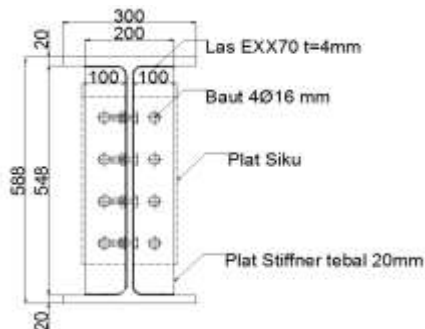
Digunakan penyambung L 200.200.20 yang digapit pada badan gelagar memanjang.

- Luas Geser (A_{nv}) $= (L - n d_l) t_p$
 $= (40 - 4 \cdot 1,75) 2,0$
 $= 66 \text{ cm}^2$
- Kuat Rencana (ϕP_n) $= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$
 $= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \cdot 66 \cdot 10^2$
 $= 1217700 \text{ N} = 1217,7 \text{ kN}$
(digapit oleh 2 siku)

$$V_u = 215,233 \text{ kN} < n \phi P_n = 2 \times 1217,7 = 2435,4 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

6.1.5. Analisa Pengaku (*Stiffener*)

Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah pengaku yang dibutuhkan pada gelagar memanjang agar tidak mengalami puntir pada profil. Pada **Gambar 6.4** merupakan hasil bentuk gelagar memanjang yang telah dianalisa.



Gambar 6. 4 Penampang Gelagar Memanjang

Data perencanaan:

- Gaya Geser max = 233,95 kN
- Profil = WF 588.300.12.20
- Tebal Plat Stiff = 20 mm
- Lebar Plat = 200 mm

a. Kapasitas Profil Pengaku

Perhitungan Stiffener sebagai Kolom:

$$A' = t_w \times (12 t_w) + 2 \times A_{\text{stiff}}$$

$$= 12 \times (12 \cdot 12) + 2 \times (20 \cdot 200) = 9728 \text{ mm}^2$$

$$I_{xx} = 1/12 t_s B^3$$

$$= 1/12 \cdot 20 \cdot (200+200+12)^3 = 117408328,3 \text{ mm}^4$$



Gambar 6. 5 Persyaratan Demensi Pengaku

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{xx}}{A'}} = \sqrt{\frac{117408328,3}{9728}} = 109,86$$

$$\lambda_c = \frac{Lk}{\pi \cdot r_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{0,75 \cdot 652}{\pi \cdot 109,86} \sqrt{\frac{410}{200000}} = 0,203$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow w = 1,0$

Syarat : $V_u \leq \phi \cdot A' \cdot (f_y/w)$

$$V_u = 215,233 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 109,86 \cdot (4100/1) = 382862,1 \text{ kg}$$

$$V_u = 215,233 \text{ kN} \leq 3828,62 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

b. Jarak Pengaku

$$\text{Lebar Efektif} = 125 \text{ tw} = 125 \cdot 12 = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Pengaku} = \frac{L_{eff}}{2} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ mm}$$

$$n \text{ Pengaku} = \frac{\text{Panjang}}{\text{Jarak}} = \frac{8000}{750} = 10 \text{ pengaku}$$

c. Sambungan Las Pengaku

- Ukuran minimum las = 6 mm
 - Panjang minimum las = 4. tw = 4 . 12 = 48 mm → 60 mm
- Kapasitas las per mm untuk 3 titik las dengan panjang 60 mm (2 buah per pengaku) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_{nw} &= \phi \cdot t \cdot 0,6 \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 20 \cdot 0,6 \cdot 550 = 4950 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas las dengan panjang 60 mm adalah

$$V_n = 4950 \times 60 = 297000 \text{ N} \rightarrow 297 \text{ kN}$$

$$V_u = 215,233 \text{ kN} \leq n \cdot V_n = 3 \cdot 297 = 891 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Gaya geser yang harus dipikul :

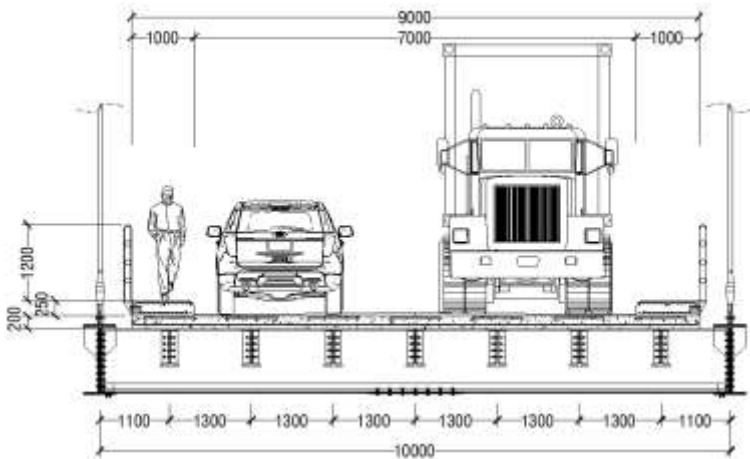
$$\begin{aligned} f &= 0,045 \cdot h \cdot \sqrt{\frac{f_y^3}{E}} = 0,045 \cdot (492) \cdot \sqrt{\frac{410^3}{200000}} \\ f &= 410,996 \text{ N / mm} \end{aligned}$$

Jarak antar las :

$$s = \frac{297000}{410,996} = 722,63 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 500 \text{ mm}$$

6.2. Perencanaan Gelagar Melintang

Pada **Gambar 6.5** merupakan ilustrasi dari permodelan untuk gelagar melintang.



Gambar 6. 6 Gelagar Melintang

Balok sederhana tertumpu pada balok melintang A dan B adalah perletakan sederhana. Balok memanjang dihubungkan dengan “simple connection” ke balok melintang.

Direncanakan balok melintang memakai profil WF 1000.450.16.32 dengan data sebagai berikut:

$W = 345,61 \text{ kg/m}$	$S_y = 2161,6 \text{ cm}^3$	$tw = 16 \text{ mm}$
$bf = 450 \text{ mm}$	$i_x = 42,35 \text{ cm}$	$tf = 32 \text{ mm}$
$d = 1000 \text{ mm}$	$i_y = 10,51 \text{ cm}$	$r = 28 \text{ mm}$
$A = 440,27 \text{ cm}^2$	$I_x = 789647,4 \text{ cm}^4$	$f_y = 410 \text{ Mpa}$
$S_x = 15792,9 \text{ cm}^3$	$I_y = 48635 \text{ cm}^4$	$f_u = 550 \text{ Mpa}$
$Z_x = 17443,584 \text{ cm}^3$	$Z_y = 3299,904 \text{ cm}^3$	
$h = d - 2(tf+r) = 1000 - 2(16+28) = 912 \text{ mm}$		

6.2.1. Pembebanan

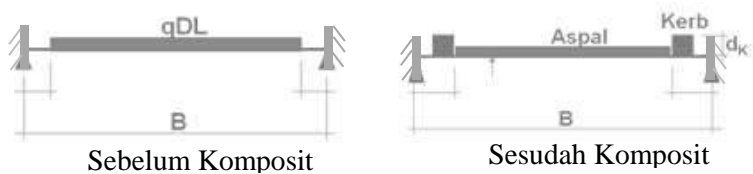
1) Beban Mati

⇒ Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Beton} &= d_3 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms} \\
 &= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3 = 49,920 \text{ kN/m} \\
 \text{G. Memanjang} &= (W \cdot \lambda / b_1) K_{ms} \\
 &= (1,51 \cdot 8 / 1,3) \cdot 1,1 = 10,221 \text{ kN/m} \\
 \text{G. Melintang} &= (W) K_{ms} \\
 &= (3,45) \cdot 1,1 = 3,795 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat Steeldeck} &= w \cdot K_{ms} \\
 &= 0,101 \cdot 1,1 = \underline{0,111 \text{ kN/m}} \\
 q_{DL} &= 64,047 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

⇒ Setelah Komposit

$$\begin{aligned}
 \text{Berat aspal} &= d_4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot K_{ms} \\
 &= (0,05) \cdot (8) \cdot 22 \cdot 1,4 = 12,32 \text{ kN/m} \\
 \text{Berat kerb} &= d_4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms} \\
 &= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3 = 49,92 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 7 Pembebanan Pra-Komposit dan Post Komposit

2) Beban Hidup

Beban Hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan yang bergerak pada jembatan. Penggunaan beban hidup di atas jembatan yang harus ditinjau dalam beban “D”, beban “BGT”, dan beban “T”.

a. Beban Terbagi Rata (BTR)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 memiliki rumus sebagai berikut:

Untuk $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9 \text{ kPa}$

Untuk $L > 30 \text{ m}$: $q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$

Karena panjang gelagar adalah 10 meter maka,

$L < 30 \text{ m} \rightarrow q = 9 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned} q_{\text{BTR}} &= q \times \lambda \times K^{\text{UTD}} \\ &= (9 \text{ kN/m}^2) \cdot 8 \text{ m} \cdot 2 \\ &= 144 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban Garis Terpusat (BGT)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 besarnya beban BGT adalah 49 kN/m. Dengan panjang utama sebesar 288 m dan bentang samping 80 m, maka:

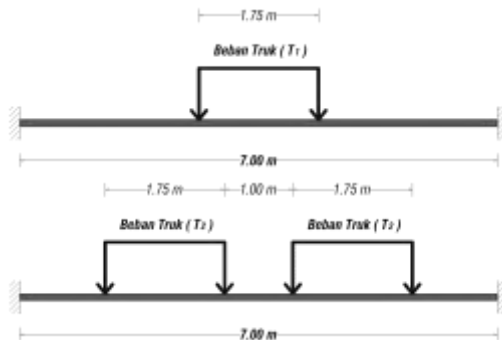
DLA untuk $L > 90 \Rightarrow 0,3$

$$\begin{aligned} P'_{100\%} &= P (1 + \text{DLA}) \cdot K^{\text{UTD}} \\ &= 49 (1 + 0,3) \cdot 2 \\ &= 127,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

c. Beban Truk (T)

Beban truk dianalisa sebagai beban terpusat yang berjalan di lantai kendaraan sepanjang jembatan. Untuk pembebanan truk diambil sebesar 30% (SNI 1725:2016 ps. 8.6).

$$\begin{aligned} T_{(U)} &= 112,5 \text{ kN} \cdot (1+30\%) \cdot K^{UTT} \\ &= 112,5 \text{ kN} \cdot (1,3) \cdot 2 \\ &= 292,5 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 6. 8 Beban Truk (T_1) dan (T_2) pada gelagar melintang

d. Beban Pelaksanaan

Berdasarkan pada SNI 1725:2016 ps. 10.3 beban pelaksanaan adalah beban aktivitas pada saat konstruksi. Pada desain ini diasumsikan sebesar 2,5 kN/m, dengan rincian :

3. Pekerja = 1 kN/m
4. Peralatan, dll. = 1,5 kN/m

$$\begin{aligned} q_{PLK} &= 2,5 \text{ kN/m} \times \text{Load Factor} \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \times 1,00 \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3) Kombinasi Beban

Merupakan pengaruh beban tersebut terhadap gelagar pada saat keadaan ultimit, sehingga dapat mendisain profil penampang yang dapat menahan beban tersebut. Pada **Tabel 6.1** merupakan kombinasi pembebanan yang diberikan pada gelagar.

Tabel 6. 3 Kombinasi pembebanan

Tipe	Beban
COMB1	DL + PLL
COMB2	DL + LL(BTR+BGT)
COMB3	DL + LL (T1)
COMB4	DL + LL (T2)

6.2.2. Hasil Analisa Gaya Dalam

Analisa gaya dalam untuk gelagar memanjang menggunakan program bantu SAP2000. Struktur dimodelkan sebagai balok sederhana dengan panjang 10 m. berikut hasil analisa dapat dilihat pada tabel 6.4.

Tabel 6. 4 Hasil analisa struktur dengan SAP2000

OutputCase	V2	M3
	kN	kN-m
COMB1	330,802	600,752
COMB2	1269,452	2567,095
COMB3	612,052	1289,076
COMB4	904,552	1887,330

Dari hasil analisa di atas dapat dilihat bahwa COMB2 lebih menentukan, dengan memiliki nilai beban lebih besar.

Hasil Gaya Dalam COMB2 :

- Gaya Geser



- Gaya Momen



Gambar 6. 9 Diagram Gaya Dalam COMB2 Gelagar Melintang

6.2.3. Analisa Kapasitas Profil

a. Kontrol Momen Lentur

⇒ Akibat Tekuk Lokal

Badan :

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{912}{16} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$57 \leq 82,97 \dots \text{Ok}$$

Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{450}{2.32} \leq \frac{170}{\sqrt{410}}$$

$$7,03 \leq 8,39 \dots \text{Ok}$$

Jadi : Penampang Kompak → $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 17443,584 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$= 71518694,4 \text{ kgcm} = 7151,86 \text{ kNm}$$

$$M_u < \Phi \cdot M_p$$

$$2567,095 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 7151,86 \text{ kNm}$$

$$2567,095 \text{ kNm} < 6436,68 \text{ kNm} \dots \text{Ok}$$

⇒ Akibat Tekuk Lateral

$$\left. \begin{array}{l} L_b = 1000 \text{ cm} \\ L_p = 360 \text{ cm} \end{array} \right\} L_b > L_r \text{ Bentang Panjang}$$

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L} \right)^2 \cdot I_y \cdot C_w}$$

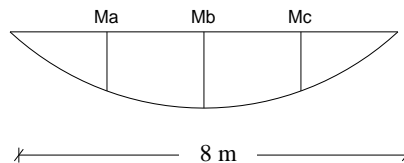
$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$M_{\max} = 2866,24 \text{ kNm}$$

$$M_A = 2018,26 \text{ kNm}$$

$$M_B = 2866,24 \text{ kNm}$$

$$M_C = 2018,26 \text{ kNm}$$



$$C_b = \frac{12,5 (2866,24)}{2,5(2866,24) + 3(2018,26) + 4(2866,24) + 3(2018,26)}$$

$$C_b = 1,165$$

$$J = \frac{1}{3} \left[2(450)(32)^3 + 1000 \cdot (16)^3 \right] = 11195733,33 \text{ mm}^4$$

$$G = 8.10^4$$

$$C_w = \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{\frac{1}{12} \times 32 \times 450^3 \times (1000 + 32)^2}{2} = 1,294^{14}$$

$$M_n = 1,165 \frac{\pi}{10000} \sqrt{\frac{2.10^5 \times 48,63.10^7 \times 8.10^4 \times 11,195.10^6 + \left(\frac{\pi \cdot 2.10^5}{10000}\right)^2 \times 48,63.10^7 \times 1294000.10^8}$$

$$M_n = 3492,52 \text{ kNm} < M_p = 7151,86 \rightarrow \text{digunakan } M_n$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 3492,52 = 3143,27 \text{ kNm} > M_u = 2567,095 \text{ kNm} \text{ ..Ok}$$

b. Menentukan Lebar Efektif

$$b_{eff1} = \frac{L}{4} = \frac{10000}{4} = 2500 \text{ mm}$$

$$b_{eff2} = S = 1300 \text{ m (Jarak antar gelagar)}$$

b_{eff} diambil terkecil adalah 1300 mm.

Beton di transformasi ke baja :

Dari perhitungan pelat lantai kendaraan, diketahui bahwa tebal pelat (d3) = 200 mm; f'c = 35 MPa

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4700\sqrt{35}} = 7,2$$

c. Cek Kreteria Penampang

$$\frac{h}{t_w} = \frac{912}{16} = 57 < \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{410}} = 54,32$$

Maka, Berpenampang Plastis

Maka, penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

d. Menentukan “C”

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 1300 \times (200-54) = 189800 \text{ mm}^2$$

$$C1 = A_s \cdot f_y = 440,27 \times 4100 = 1805107 \text{ kg}$$

$$C2 = 0,85 f_c' \cdot A_c = 0,85 \times 350 \times 1898 = 564655 \text{ kg}$$

$$C3 = \sum_{n=1}^N Q_n \rightarrow (\text{untuk komposit penuh } C3 \text{ tidak menentukan}).$$

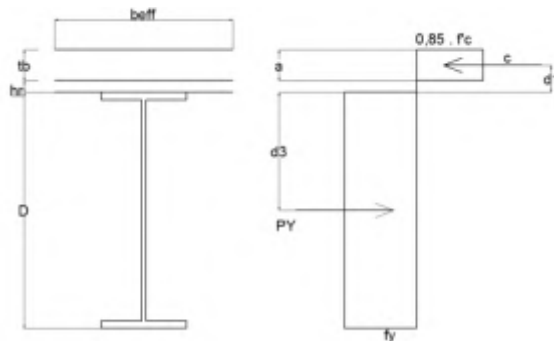
$$\therefore C = C2 (\text{terkecil}) = 564655 \text{ kg}$$

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_{eff}} = \frac{564655}{0,85 \times 350 \times 1300} = 14,6 \text{ cm}$$

$$d1 = t_b - a/2 + h_r = 20 - 7,3 + 5,4 = 18,1 \text{ cm}$$

$$d2 = 0 \rightarrow \text{profil baja tidak mengalami tekan}$$

$$d3 = D/2 = 1000/2 = 500 \text{ cm}$$



Gambar 6. 10 Menentukan Nilai C

e. Letak Garis Netral (xe)

$$xe = \frac{\frac{b_{eff}}{n} \cdot tb \cdot \frac{tb}{2} + As \cdot (\frac{tb}{2} + tb)}{As + \frac{b_{eff}}{n} \cdot hc}$$

$$= \frac{\frac{130}{7,2} \cdot 14,6 \cdot \frac{14,6}{2} + 486 \cdot (\frac{14,6}{2} + 14,6)}{486 + \frac{130}{7,2} \cdot 14,6} = 23,44cm$$

f. Inersia Balok Komposit (Ixx)

$$I_{xx} = \frac{1}{n} \cdot \frac{b_{eff} \cdot xe^3}{3} + Is + As \cdot (d1)^2$$

$$= \frac{1}{7,2} \cdot \frac{130 \cdot 23,44^3}{3} + 789647,4 + 440,27 \cdot (18,1)^2$$

$$= 1011395,091cm^4$$

g. Momen Positif Penampang

$$Mn = c (d1+d2) + Py (d3-d2)$$

$$= c (d1+d2) + (As \times fy) (d3-d2)$$

$$= 564655 (18,1+0) + (440,27 \times 4100) (500-0)$$

$$= 912773755,5 \text{ kgcm} \rightarrow 91277,375 \text{ kNm}$$

Kontrol kapasitas momen

$$\begin{aligned} \phi Mn &= 0,85 \times Mn \\ &= 0,85 \times 91277,375 \text{ kNm} \\ &= 77585,77 \text{ kNm} \\ \phi Mn &= 77585,77 \text{ kNm} > Mu = 2567,095 \text{ kNm} \dots \mathbf{Ok} \end{aligned}$$

h. Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan harus memenuhi $\Delta_0 < \Delta$ dan pembebanan tidak dikali dengan Load Factor, dimana :

Δ_0 = Lendutan yang terjadi (akibat beban hidup saja)

Δ = Lendutan ijin

⇒ Mencari Δ Ijin

$$\Delta \text{ Ijin} = (1/800) \cdot L = (1/800) \cdot 1000 \text{ cm} = 1,25 \text{ cm}$$

⇒ Mencari Δ Terjadi

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{Terjadi}} &= \frac{q_{DL} \cdot L^4}{384 EI_x} + \frac{(q_{LL} \text{BTR} + q_{LL} \text{BGT}) \cdot L^4}{384 EI_{xx}} \\ &= \frac{53,69 \cdot 10^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 7,89 \cdot 10^{-3}} + \frac{135,7 \cdot 10^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,01} \\ &= 0,00265 \text{ m} \rightarrow 0,265 \text{ cm} \end{aligned}$$

Chek : $\Delta_{\text{Terjadi}} \leq \Delta_{\text{Ijin}}$

0,265 cm \leq 1,25 cm ...**Ok**

i. Kontrol Gaya Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{tw} &= \frac{912}{16} = 57 \\ \frac{1100}{\sqrt{fy}} &= \frac{1100}{\sqrt{410}} = 54,32 \end{aligned} \right\} \frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{fy}} \quad \text{maka, Plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot fy \cdot A_{web} \\ &= 0,6 \cdot fy \cdot (d \cdot tw) \end{aligned}$$

$$= 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 (91,2 \text{ cm} \cdot 1,6 \text{ cm})$$

$$= 358963,2 \text{ kg} = 3589,632 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat : } Vu < \phi \cdot Vn$$

$$1269,452 \text{ kN} < 0,9 \cdot (3589,632) \text{ kN}$$

$$1269,452 \text{ kN} < 3230,67 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

Kesimpulan : Balok memanjang memakai profil WF 1000.450.16.32

6.2.4. Kebutuhan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (BMS pasal 7.6.8.3) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 600 mm
- 2 x tebal plat lantai = 400 mm
- 4 x diameter shear connector = 4 x 16 = 100 mm

Tinggi minimum dari paku shear connector adalah 75 mm dan jarak antara paku shear connector dengan ujung flens gelagar tidak boleh kurang dari 25 mm. Untuk diameter paku shear connector tidak boleh melebihi :

- 1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik = 1,5 x 32 = 48 mm
- 2,0 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik = 2 x 32 = 64 mm

Digunakan shear connector jenis paku/ stud dengan data-data sebagai berikut :

- Diameter = 25 mm \rightarrow Asc = 490,87 mm²

- Tinggi = 75 mm
- Jarak Melintang antar Stud = 200 mm
- Beton $f'c = 35$ Mpa
- Mutu Stud = 410 Mpa

a. Kekuatan Stud Connector (Q)

$$\begin{aligned} E_c &= w^{1,5} \times 0,041 f'c^{0,5} \\ &= 2400^{1,5} \times 0,041 \cdot 35^{0,5} \\ &= 28519,03 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 A_{sc} (f'c \cdot E_c)^{0,5} \\ &= 0,5 \cdot 490,87 (35 \cdot 28519,03)^{0,5} \\ &= 245209,84 \text{ N} \end{aligned}$$

$$A_{sc} \times f_u = 490,87 \times 550 = 269978,5 \text{ N}$$

$$Q_n \leq A_{sc} \times f_u \rightarrow \text{Ok}$$

$$V_h = c = 18051070 \text{ N}$$

b. Jumlah Shear Connector

$$n = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{18051070 \text{ N}}{245209,84 \text{ N}} = 73,6 \rightarrow 74 \text{ stud}$$

c. Jarak Shear Connector

$$s = \frac{\text{Lebar Plat Beton}}{n / 2} = \frac{9000}{37} = 243 \text{ mm} \rightarrow 240 \text{ mm}$$

a. Sambungan Las (EXX70)

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_w &= (45 \text{ cm} \cdot 2) + (93,6 \text{ cm} \cdot 2) + (43 \text{ cm} \cdot 4) + (3,2 \text{ cm} \cdot 4) \\ &= 462 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$I_x = 7,8965 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$c = 225 \text{ mm}$$

$$f'_y = \frac{V_u}{A} = \frac{1269452}{1 \times 3768} = 336,90 \text{ N/mm}$$

$$f'_x = \frac{M_u \cdot c}{I_x} = \frac{(2567,095 \times 10^6) \times 225}{7,8965 \times 10^9} = 73,1458 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n \text{ Perlu} &= \sqrt{f'^2_x + f'^2_y} \\ &= \sqrt{73,1458^2 + 336,90^2} = 344,75 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 2 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_n \text{ Perlu}}{\phi R_n} = \frac{344,75}{155,89 a} = 2,21 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

$$\text{digunakan } a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$$

b. Sambungan Plat Badan ke Simpul Rangka

Perhitungan Baut Tipe Kuat Geser dan Kuat Tumpu :

- Jarak antar Baut : $3d_b < s < 15T_p$

$$75 < 200 < 300 \rightarrow \text{digunakan } s = 200 \text{ mm}$$

- Jarak antar Baut ke Tepi : $1,5d_b < s < 12T_p$
 $37,5 < 100 < 240 \rightarrow$ digunakan $s = 100 \text{ mm}$
- Lubang Baut = $d_b + 1,5 \text{ mm}$
 $25 + 1,5 \text{ mm} = 26,5 \text{ mm}$
- Bidang Geser (m) = 2
- Satu deret (μ) = 100 mm
- $r_1 = 0,5$ (Tidak ada ulir pada bidang geser)

Rumus Baut Tipe Kuat Geser (V_d):

$$\begin{aligned}\phi V_d &= \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 825 \cdot 490,874 \cdot 2 \\ &= 303728,29 \text{ N} \\ &= 303,73 \text{ kN (menentukan)}\end{aligned}$$

Rumus Baut Tipe Kuat Tumpu (R_d):

$$\begin{aligned}\phi R_d &= \phi_f \cdot 2,4 d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 25 \cdot 20 \cdot 550 \cdot 10^{-3} \\ &= 515,625 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$n \text{ baut} = \sqrt{\frac{6M_u}{\mu R_n}} = \sqrt{\frac{6 \times 2567,095}{100 \cdot 303,73}} = 0,712 \rightarrow 10 \text{ baut}$$

c. Kontrol Plat Penyambung (*End Plate*)

Digunakan penyambung tebal 20 mm setiap ujung dari melintang.

$$A_{gv} = 1000 \times 20 = 20000 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = (1000 - (5 \times 0,5 \times 26,5)) \times 20 \times 2 = 37350 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 2 (112,5 \times 20) = 4500 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = ((2 \times 112,5) - 26,5) \times (20) = 3970 \text{ mm}^2$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 550 \times 37350 = 12325500 \text{ N}$$

$$f_u \cdot A_{nt} = 550 \times 3970 = 2183500 \text{ N}$$

Karena $f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$, maka :

- Kuat Rencana (ϕN_n) = $\phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt})$
 $= 0,75 \cdot (0,6 \cdot 550 \cdot 37350 + 410 \cdot 4500)$
 $= 10627875 \text{ N} = 10627,875 \text{ kN}$

- Geser Terjadi (ϕN_n) = M_u / d
 $= 2567,095 \text{ kNm} / 1 \text{ m}$
 $= 2567,095 \text{ kN}$

$$N_u = 1269,452 \text{ kN} < \phi N_n = 2567,095 \text{ kN} \dots \mathbf{Ok}$$

BAB VII PERENCANAAN PEMIKUL UTAMA

7.1. Umum

- Konstruksi pemikul utama merupakan bagian utama dari konstruksi busur jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan.
- Bentuk konstruksi pemikul utama yang dipilih menggunakan konstruksi busur dengan batang tarik. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur persamaan parabola.

$$\begin{aligned}
 f = 57 \text{ m} \rightarrow \text{syarat : } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \text{ (A. Hool \& W.S Kinne)} \\
 &= \frac{1}{6} \leq \frac{57}{288} \leq \frac{1}{5} \\
 &= 0,167 \leq 0,197 \leq 0,2 \rightarrow Ok
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t = 10 \text{ m} \rightarrow \text{syarat : } \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (A. Hool \& W.S Kinne)} \\
 &= \frac{1}{40} \leq \frac{10}{288} \leq \frac{1}{25} \\
 &= 0,025 \leq 0,034 \leq 0,040 \rightarrow Ok
 \end{aligned}$$

Konstruksi pemikul utama ini terdiri dari :

1. Kabel Penggantung

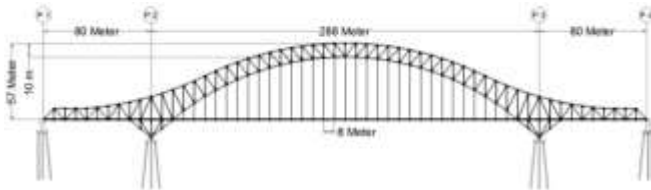
Kabel Penggantung merupakan penyangga antara konstruksi lantai kendaraan dengan konstruksi utama yang berupa busur rangka. Digunakan profil kabel sebagai penyangga batang tarik karena bentang yang cukup panjang.

2. Konstruksi Busur

Konstruksi pemikul utama yang berbentuk busur ini mempunyai keuntungan yaitu dengan adanya bentuk busur akan terjadi pengurangan momen dilapangan akibat gaya reaksi horizontal dan gaya normal pada penampang busur relatif berperan dari pada gaya momen, sehingga bentuk busur ini cukup relatif untuk bentang yang panjang. Penampang busur ini direncanakan menggunakan konstruksi dari rangka.

7.2. Penggantung Lantai Kendaraan

Panjang dari penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur. bentuk busur konstruksi pemikul utama dapat dilihat pada **Gambar 7.1**



Gambar 7.1 Bentuk Pemikul Utama

Dengan menggunakan rumus pendekatan seperti berikut :

$$Y_n = \frac{4 \int x f(x) dx (L - X)}{L^2}$$

Pada Tabel 7.1 merupakan hasil pendekatan menggunakan rumus parabola.

Tabel 7. 1 Panjang Penggantung

Titik	Panjang
1	6.815
2	12.458
3	17.550
4	22.139
5	26.263
6	29.952
7	33.232
8	36.123
9	38.644
10	40.807
11	42.626
12	44.109
13	45.264
14	46.096
15	46.609
16	46.787

7.2.1. Pembebanan Penggantung

1) Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat Beton} &= d3. \lambda . B . \gamma_{\text{betonl}} . K_{\text{ms}} \\ &= (0,2).(8). 10 . 24. 1,3 = 499,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Berat Aspal} = d4. \lambda . B . \gamma_{\text{aspal}} . K_{\text{ms}}$$

$$= (0,05) \cdot (8) \cdot 10 \cdot 22 \cdot 1,3 = 114,4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{G. Memanjang} &= (W \cdot \lambda \cdot n) K_{ms} \\ &= (1,51 \cdot 8 \cdot 7) \cdot 1,1 = 93,016 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{G. Melintang} &= (W \cdot B) K_{ms} \\ &= (3,46 \cdot 10) \cdot 1,1 = 38,060 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Steeldeck} &= w \cdot \lambda \cdot K_{ms} \\ &= 0,101 \cdot 8 \cdot 1,1 = \underline{0,888 \text{ kN}} \\ P_{DL} &= 745,564 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) Beban Hidup

Beban Terbagi Rata (BTR)

$$L < 30 \text{ m} \rightarrow q = 9 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} q_{BTR} &= q \times \lambda \times B \times K^{UTD} \\ &= (9 \text{ kN/m}^2) \cdot 8 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 2 \\ &= 1440 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban Garis Terpusat (BGT)

$$\text{DLA untuk } L > 90 \Rightarrow 0,3$$

$$\begin{aligned} P'_{100\%} &= P (1 + \text{DLA}) \cdot \lambda \cdot K^{UTD} \\ &= 49 (1 + 0,3) \cdot 8 \cdot 2 \\ &= 1019,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

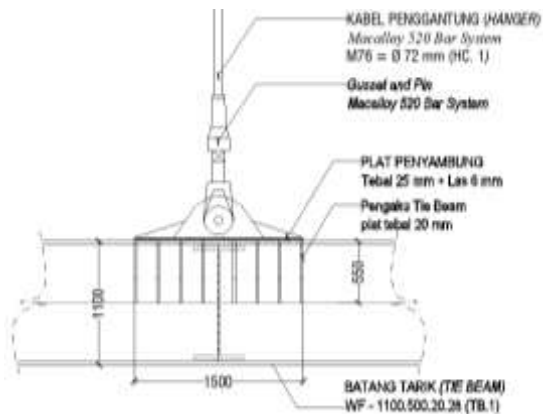
3) Beban Pelaksanaan

$$\begin{aligned} P_{PLK} &= q_{PLK} \times \lambda \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \times 8 \text{ m} \\ &= 20 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi total beban yang diterima oleh 1 kabel adalah

$$\begin{aligned}
 P_u (\text{Kabel}) &= \frac{\text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} + \text{Beban Pelaksanaan}}{2} \\
 &= \frac{745,564 + 1440 + 1019,2 + 20}{2} = 1612,382 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

7.2.2. Analisa Kapasitas Profil



Gambar 7. 2 Rencana Profil Pengantung

⇒ Data Perencanaan :

Profil Pengantung : M76 → Ø72 mm (Brosur Macalloy)

Mutu Macalloy 520 Bar System :

- $f_y = 520 \text{ Mpa}$
- $f_u = 660 \text{ Mpa}$

a. Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\
 &= 0,9 \times 520 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 72^2)
 \end{aligned}$$

$$= 1905463,91 \text{ N} \rightarrow 1905,464 \text{ kN... (Menentukan)}$$

b. Kontrol Kekuatan Putus :

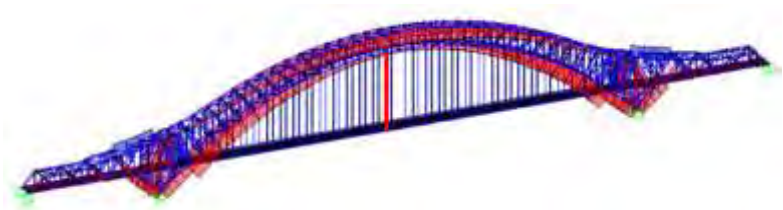
Tidak ada pengurangan luasan akibat lubang dikarenakan *bar* yang dipakai merupakan satu bagian dengan *pin plat*nya merupakan produk dari *Macalloy Bar*, $A=A_n=A_e$.

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,9 \times 660 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 72^2) \\ &= 2418473,42 \text{ N} \rightarrow 2418,473 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_u = 1612,382 \text{ kN} < \phi P_n = 2418,473 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

c. Analisa Kabel Putus 1 :

Dari SAP 2000 untuk analisa kabel putus 1 tengah bentang pada jembatan, didapatkan $N_u = 1888,53 \text{ kN}$



Gambar 7. 3 Permodelan Kabel Pengantung Putus 1 ditengah Bentang Jembatan

$$P_u = 1888,53 \text{ kN} < \phi P_n = 1905,464 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

7.2.3. Sambungan Pada Penggantung

a. Kekuatan Ijin 1 *Pin*

⇒ Data Perencanaan :

Pada *Gusset Plate* dan *Pin* menggunakan merk *Macalloy*.

Mutu *Macalloy 520 Bar System* :

$$- f_y = 520 \text{ Mpa}$$

$$- f_u = 660 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal Gusset} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat} = 25 \text{ mm} (f_y = 410 \text{ Mpa} ; f_u = 550 \text{ Mpa})$$

$$D_{\text{pin}} = 78,5 \text{ mm}$$

Kuat Geser Pin

$$V_d = \phi f V_n$$

$$= 0,75 \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 660 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 78,5^2) \times 2$$

$$= 2395710,82 \text{ N} \rightarrow 2395,72 \text{ kN}$$

$$V_u = 1612,382 \text{ kN} < \phi V_d = 2395,72 \text{ kN} \text{ .. Ok}$$

Kuat Tumpu Pin

$$R_d = \phi f R_n$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{u_{\min}}$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 78,5 \times 80 \times 550$$

$$= 6217200 \text{ N} \rightarrow 6217,20 \text{ kN}$$

$$V_u = 1612,382 \text{ kN} < \phi R_d = 6217,20 \text{ kN} \text{ .. Ok}$$

b. Sambungan *Gusset* Ke Rangka Pemikul

⇒ Data Perencanaan :

$$P_u = 1888,53 \text{ kN}$$

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 38 - 1,6 = 36,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$fRn_{\text{Perlu}} = \frac{Vu_{\text{Badan}}}{A} = \frac{1888,53 \times 1000}{1 \times 1 \times (1800 \text{ mm})} = 1752,54 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi Rn_w = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_u w) \rightarrow \text{mutu las } f_u w = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi Rn_{\text{Perlu}}}{\phi Rn} = \frac{1752,54}{155,89 a} = 11,24 \text{ mm} \rightarrow 12 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 12 \text{ mm}$

7.3. Konstruksi Busur

Konstruksi busur merupakan konstruksi utama dari jembatan ini dimana memiliki kemampuan menahan momen. Pada perencanaan ini menggunakan rangka busur menerus dimana geometri antara busur bawah dan busur atas berbeda.

7.3.1. Bentuk Geometri Busur

Bentuk pada busur merupakan bentuk dari persamaan parabola, sehingga pada pembentukan jembatan busur menerus (*Continuous Arch Bridge*) ini menggunakan rumus pendekatan parabola, sebagai berikut:

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L-X)}{L^2} \dots (A. Hool \& W.S Kinne)$$

a. Busur Utama Atas

Pada tabel 7.2 dan tabel 7.3 didapatkan bentuk geometri busur atas sebagai berikut:

Tabel 7. 2 Persamaan Parabola Busur Utama Atas

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
11	-	0.000	0.000	0.000
12	11-12	8.000	2.444	8.365
13	12-13	16.000	5.200	8.462
14	13-14	24.000	8.278	8.571
15	14-15	32.000	11.693	8.698
16	15-16	40.000	15.460	8.843
17	16-17	48.000	19.190	8.826
18	17-18	56.000	22.569	8.684
19	18-19	64.000	25.615	8.560
20	19-20	72.000	28.336	8.451
21	20-21	80.000	30.748	8.356
22	21-22	88.000	32.860	8.275
23	22-23	96.000	34.680	8.204
24	23-24	104.000	36.214	8.146
25	24-25	112.000	37.467	8.097
26	25-26	120.000	38.445	8.060
27	26-27	128.000	39.150	8.031
28	27-28	136.000	39.586	8.012
29	28-29	144.000	39.737	8.002
30	29-30	152.000	39.586	8.012
31	30-31	160.000	39.150	8.031
32	31-32	168.000	38.445	8.060
33	32-33	176.000	37.467	8.097
34	33-34	184.000	36.214	8.146
35	34-35	192.000	34.680	8.204
36	35-36	200.000	32.860	8.275
37	36-37	208.000	30.748	8.356
38	37-38	216.000	28.336	8.451

Tabel 7. 3 Persamaan Parabola Busur Atas (Lanjutan)

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
38	37-38	216.000	28.336	8.451
39	38-39	224.000	25.615	8.560
40	39-40	232.000	22.569	8.684
41	40-41	240.000	19.190	8.826
42	41-42	248.000	15.460	8.843
43	42-43	256.000	11.693	8.698
44	43-44	264.000	8.278	8.571
45	44-45	272.000	5.200	8.462
46	45-46	280.000	2.444	8.365
47	46-47	288.000	0.000	0.000

b. Busur Utama Bawah

Pada tabel 7.4 dan tabel 7.5 didapatkan bentuk geometri busur atas sebagai berikut:

Tabel 7. 4 Persamaan Parabola Busur Utama Bawah

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
11	-	0.000	0.000	0.000
12	11-12	8.000	6.378	10.231
13	12-13	16.000	12.757	10.232
14	13-14	24.000	19.572	10.509
15	14-15	32.000	25.215	9.790
16	15-16	40.000	30.307	9.483
17	16-17	48.000	34.896	9.223
18	17-18	56.000	39.020	9.000
19	18-19	64.000	42.709	8.810

Tabel 7. 5 Persamaan Parabola Busur Bawah (Lanjutan)

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
20	19-20	72.000	45.988	8.646
21	20-21	80.000	48.880	8.507
22	21-22	88.000	51.400	8.387
23	22-23	96.000	53.564	8.287
24	23-24	104.000	55.383	8.204
25	24-25	112.000	56.866	8.136
26	25-26	120.000	58.021	8.083
27	26-27	128.000	58.853	8.043
28	27-28	136.000	59.366	8.016
29	28-29	144.000	59.543	8.002
30	29-30	152.000	59.366	8.016
31	30-31	160.000	58.853	8.043
32	31-32	168.000	58.021	8.083
33	32-33	176.000	56.866	8.136
34	33-34	184.000	55.383	8.204
35	34-35	192.000	53.564	8.287
36	35-36	200.000	51.400	8.387
37	36-37	208.000	48.880	8.507
38	37-38	216.000	45.988	8.646
39	38-39	224.000	42.709	8.810
40	39-40	232.000	39.020	9.000
41	40-41	240.000	34.896	9.223
42	41-42	248.000	30.307	9.483
43	42-43	256.000	25.215	9.790
44	43-44	264.000	19.572	10.509
45	44-45	272.000	12.757	10.232
46	45-46	280.000	6.378	10.231
47	46-47	288.000	0.000	0.000

c. Bentang Samping Atas

Bagian atas pada bentang samping merupakan lanjutan dari lengkungan busur bagian atas. Sehingga didapatkan geometri seperti tabel 7.6.

Tabel 7. 6 Geometri Bentang Samping Bagian Atas

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
1	-	0.000	0.000	0.000
2	1-2	8.000	8.525	11.691
3	2-3	16.000	8.573	8.000
4	3-4	24.000	8.619	8.000
5	4-5	32.000	8.619	8.000
6	5-6	40.000	9.401	80.380
7	6-7	48.000	10.407	8.063
8	7-8	56.000	11.689	8.102
9	8-9	64.000	13.252	8.151
10	9-10	72.000	15.102	8.211
11	10-11	80.000	17.245	8.282

d. Bentang Samping Bawah

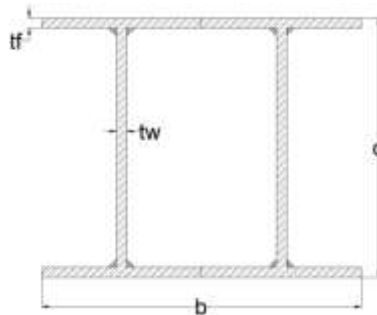
Bagian atas pada bentang samping merupakan lanjutan dari batang tarik (*Tie Beam*) busur. Sehingga didapatkan geometri seperti tabel 7.7.

Tabel 7. 7 Geometri Bentang Samping Bagian Bawah

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
1	-	0.000	0.000	0.000
2	1-2	8.000	0.000	8.000
3	2-3	16.000	0.000	8.000
4	3-4	24.000	0.000	8.000
5	4-5	32.000	0.000	8.000
6	5-6	40.000	0.000	8.000
7	6-7	48.000	0.000	8.000
8	7-8	56.000	0.000	8.000
9	8-9	64.000	0.000	8.000
10	9-10	72.000	0.000	8.000
11	10-11	80.000	0.000	8.000

7.3.2. Bentuk Penampang Busur

Bentuk dari penampang busur merupakan kombinasi 2 penampang profil yang berbentuk WF. Pada Gambar merupakan ilustrasi bentuk penampang utama.

**Gambar 7. 4** Penampang Busur

**Gambar 7. 5** Segmen Busur

Untuk mendapatkan nilai berat dari 1 segemen digunakan rumus :

$$g_n = A_n \cdot \Delta S_n \cdot \gamma_{baja}$$

$$\text{Dimana : } \gamma_{baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Profil-profil baja yang akan digunakan pada jembatan busur ini digolongkan sebagai berikut :

- a. Busur Utama Bagian Atas

Tabel 7. 8 Demensi Penampang Busur Utama Atas

Profil	d mm	b mm	tw mm	tf mm	A cm ²	g kg/m
2 WF 750.400.32.38	750.00	800.00	32.00	38.00	1039.36	815.90
2 WF 750.400.25.38	750.00	800.00	25.00	38.00	945.00	741.83

Profil	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	S _x cm ³	S _y cm ³	Z _x cm ³	Z _y cm ³	i _x cm	i _y cm
2 WF 750.400.32.38	497178.80	934583.60	12429.47	24922.23	20787.20	28913.22	21.87	29.99
2 WF 750.400.25.38	459242.20	898862.40	11481.06	23969.66	18900.00	27323.25	22.04	30.84

Tabel 7. 9 Profil yang digunakan pada Segmen Busur Utama Bagian Atas Tinjauan ½ Bentang.

Titik	Segmen	Profil	ΔSn	An	gn
		Terpasang	m	cm ²	kg
11	-	-	0.000	-	-
12	11-12	2 WF 750.400.25.38	8.365	945.00	6205.366
13	12-13	2 WF 750.400.25.38	8.462	945.00	6277.323
14	13-14	2 WF 750.400.25.38	8.571	945.00	6358.182
15	14-15	2 WF 750.400.25.38	8.698	945.00	6452.394

Tabel 7. 10 Profil yang digunakan pada Segmen Busur Utama
Bagian Atas Tinjauan ½ Bentang. (Lanjutan)

Titik	Segmen	Profil	ΔS_n	A_n	g_n
		Terpasang	m	cm ²	kg
16	15-16	2 WF 750.400.25.38	8.843	945.00	6559.958
17	16-17	2 WF 750.400.25.38	8.826	945.00	6547.347
18	17-18	2 WF 750.400.25.38	8.684	945.00	6442.008
19	18-19	2 WF 750.400.25.38	8.560	945.00	6350.022
20	19-20	2 WF 750.400.25.38	8.451	945.00	6269.163
21	20-21	2 WF 750.400.25.38	8.356	945.00	6198.69
22	21-22	2 WF 750.400.25.38	8.275	945.00	6138.602
23	22-23	2 WF 750.400.25.38	8.204	945.00	6085.932
24	23-24	2 WF 750.400.25.38	8.146	945.00	6042.906
25	24-25	2 WF 750.400.25.38	8.097	945.00	6006.557
26	25-26	2 WF 750.400.25.38	8.060	945.00	5979.11
27	26-27	2 WF 750.400.32.38	8.031	1039.36	6552.474
28	27-28	2 WF 750.400.32.38	8.012	1039.36	6536.972
29	28-29	2 WF 750.400.32.38	8.002	1039.36	6528.813

b. Busur Utama Bagian Bawah

Tabel 7. 11 Demensi Penampang Busur Utama Bawah

Profil	d	b	tw	tf	A	g
	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m
2 WF 750.200.22.25	750.00	400.00	22.00	25.00	608.00	477.28
2 WF 750.400.22.25	750.00	800.00	22.00	25.00	708.00	555.78
2 WF 750.450.32.38	750.00	900.00	32.00	38.00	1115.36	875.56
2 WF 750.800.40.45	750.00	1600.00	40.00	45.00	1968.00	1544.88

Profil	I _x	I _y	S _x	S _y	Z _x	Z _y	i _x	i _y
	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm	cm
2 WF 750.200.22.25	159424.23	520141.70	5314.14	13870.44	9120.00	16265.00	16.19	29.25
2 WF 750.400.22.25	336657.60	651600.00	8416.44	17376.00	14160.00	19890.00	21.81	30.34
2 WF 750.450.32.38	660444.10	1030994.40	15120.98	27493.18	25095.60	31618.82	24.70	30.40
2 WF 750.800.40.45	3917504	1983384	48968.8	52890.24	78720	59472	44.62	31.75

Tabel 7. 12 Profil yang digunakan pada Segmen Busur Utama
Bagian Bawa Tinjauan ½ Bentang.

Titik	Segmen	Profil	ΔS_n	A_n	g_n
		Terpasang	m	cm ²	kg
11	-	-	0.000	-	-
12	11-12	2 WF 750.800.40.45	10.231	608.000	4883.052
13	12-13	2 WF 750.800.40.45	10.232	608.000	4883.529
14	13-14	2 WF 750.800.40.45	10.509	608.000	5015.736
15	14-15	2 WF 750.800.40.45	9.790	608.000	4672.571
16	15-16	2 WF 750.450.32.38	9.483	608.000	4526.046
17	16-17	2 WF 750.450.32.38	9.223	608.000	4401.953
18	17-18	2 WF 750.450.32.38	9.000	608.000	4295.52
19	18-19	2 WF 750.450.32.38	8.810	608.000	4204.837
20	19-20	2 WF 750.400.22.25	8.646	608.000	4126.563
21	20-21	2 WF 750.400.22.25	8.507	708.000	4728.02
22	21-22	2 WF 750.400.22.25	8.387	708.000	4661.327
23	22-23	2 WF 750.400.22.25	8.287	708.000	4605.749
24	23-24	2 WF 750.400.22.25	8.204	708.000	4559.619
25	24-25	2 WF 750.400.22.25	8.136	708.000	4521.826
26	25-26	2 WF 750.200.22.25	8.083	708.000	4492.37
27	26-27	2 WF 750.200.22.25	8.043	1115.360	7042.11
28	27-28	2 WF 750.200.22.25	8.016	1115.360	7018.47
29	28-29	2 WF 750.200.22.25	8.002	1115.360	7006.212

7.3.3. Pembebanan Busur

a. Beban Mati

Beban dari konstruksi Lantai Kendaraan:

- Berat Kerb

$$= d4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms}$$

$$= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3 = 49,92 \text{ kN/m}$$

- Berat Aspal

$$= d4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot K_{ms}$$

$$= (0,05) \cdot (8) \cdot 22 \cdot 1,4 = 12,32 \text{ kN/m}$$

- Berat Plat Kendaraan

$$= d3 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{\text{ms}}$$

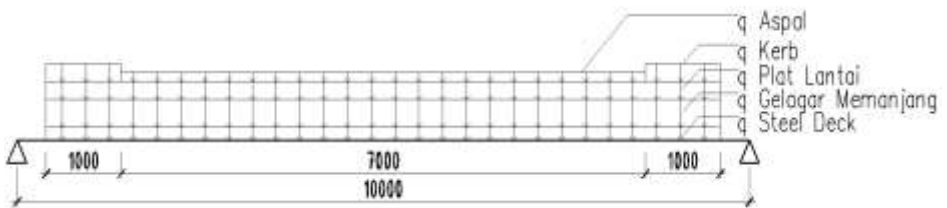
$$= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3 = 49,920 \text{ kN/m}$$
- Berat Gelagar Memanjang

$$= (W \cdot \lambda / b1) K_{\text{ms}}$$

$$= (1,51 \cdot 8 / 1,3) \cdot 1,1 = 10,221 \text{ kN/m}$$
- Berat *Steeldeck*

$$= w \cdot K_{\text{ms}}$$

$$= 0,101 \cdot 1,1 = 0,111 \text{ kN/m}$$



Gambar 7. 6 Permodelan Beban Mati

b. Beban Hidup

- Beban Terbagi Rata (BTR)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 memiliki rumus sebagai berikut:

Untuk $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9 \text{ kPa}$

Untuk $L > 30 \text{ m}$: $q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$

Karena panjang gelagar adalah 10 meter maka,

$L < 30 \text{ m} \rightarrow q = 9 \text{ kPa}$

$$q_{\text{BTR}} = q \times \lambda \times K^{\text{UTD}}$$

$$= (9 \text{ kN/m}^2) \cdot 8 \text{ m} \cdot 2$$

$$= 144 \text{ kN/m}$$

- **Beban Garis Terpusat (BGT)**

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 besarnya beban BGT adalah 49 kN/m. Dengan panjang utama sebesar 288 m dan bentang samping 80 m, maka:

$$\text{DLA untuk } L > 90 \Rightarrow 0,3$$

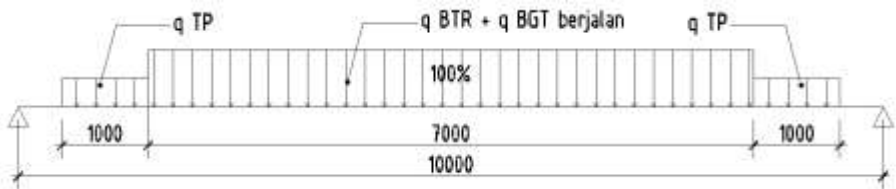
$$P'_{100\%} = P (1 + \text{DLA}) \cdot K^{\text{UTD}}$$

$$= 49 (1 + 0,3) \cdot 2$$

$$= 127,4 \text{ kN/m}$$

- **Beban Pejalan Kaki (TP)**

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.9 besarnya beban TP adalah 5 kPa dan bekerja merata.

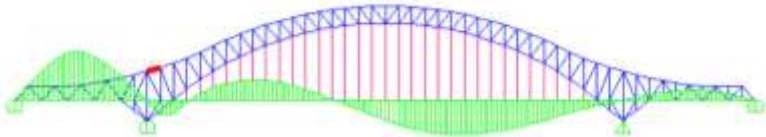


Gambar 7.7 Permodelan Beban Hidup

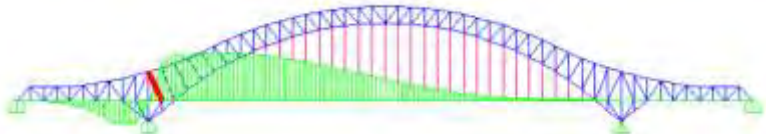
Pembebanan untuk beban hidup yang terdiri dari beban BTR dan BGT, dimana beban BTR dipasang sepanjang bentang sedangkan untuk beban BGT diasumsikan berjalan sepanjang jembatan.

Dalam pembebanan hidup kendaraan, agar mendapatkan gaya yang maksimum maka digunakan

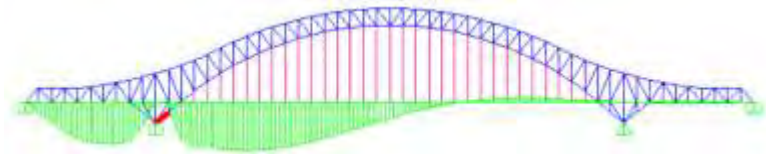
garis pengaruh. Dalam perhitungan garis pengaruh hanya ditinjau beberapa batang saja, yaitu : batang atas tepi (BA11), batang bawah tepi (BB11), batang vertikal tepi (V11), diagonal tepi (D11), batang atas tengah (BA29), batang bawah tengah (BB29), vertikal tengah (V29), dan diagonal tengah (D29) yang ditunjukkan pada gambar – gambar berikut:



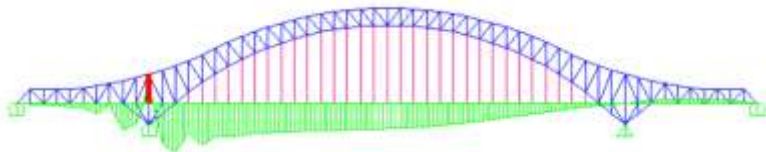
Gambar 7. 8 (a). Garis Pengaruh Batang BA11



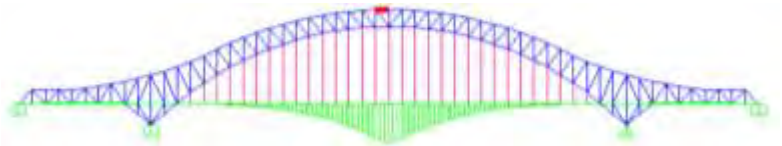
Gambar 7. 9 (b). Garis Pengaruh Batang BB11



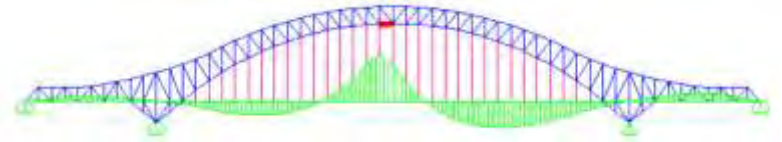
Gambar 7. 10 (c). Garis Pengaruh Batang D11



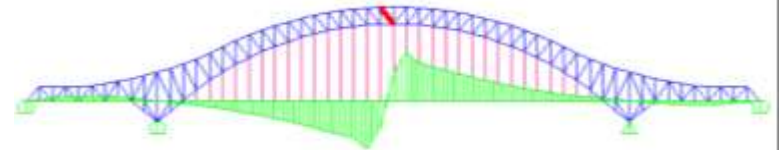
Gambar 7. 11 (d). Garis Pengaruh Batang V11



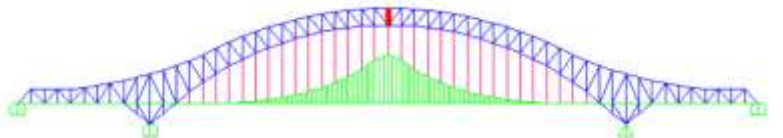
Gambar 7. 12 (e). Garis Pengaruh Batang BA29



Gambar 7. 13 (f). Garis Pengaruh Batang BB29



Gambar 7. 14 (g). Garis Pengaruh Batang D29



Gambar 7. 15 (h). Garis Pengaruh Batang V29

Dari gambar tersebut dapat dilihat garis pengaruh batang yang ditinjau. Untuk rekapitulasi besarnya garis pengaruh akan ditunjukkan pada tabel 7.13 dibawah ini:

Tabel 7. 13 Rekapitulasi Garis Pengaruh

As	Jarak	Garis Pengaruh							
		BA11	BB11	D11	V11	BA29	BB29	D29	V29
1	0	0.0152	0.00561	0.001967	-0.00239	0.00291	0.002056	0.000042	-0.0000763
2	8	0.4902	-0.2658	-0.00347	-0.0104	0.031	0.0678	0.0442	-0.000533
3	16	0.9626	-0.5295	-0.0155	-0.0103	0.0606	0.133	0.0868	-0.001043
4	24	1.3558	-0.7609	-0.0399	-0.0266	0.0857	0.1879	0.1227	-0.001473
5	32	1.6075	-0.944	-0.0977	-0.0394	0.102	0.2237	0.1463	-0.001754
6	40	1.6154	-1.0466	-0.2226	-0.0468	0.1038	0.2274	0.149	-0.001784
7	48	1.4479	-1.0668	-0.3464	-0.1218	0.0949	0.2076	0.1364	-0.001633
8	56	1.1828	-1.09	-0.5884	-0.0135	0.0798	0.174	0.1149	-0.001375
9	64	0.7978	-1.0163	-0.6881	-0.3065	0.0588	0.1276	0.0849	-0.001015
10	72	0.4171	-0.6451	-0.6655	-0.2489	0.0309	0.0671	0.0445	-0.0005603
11	80	-0.0275	0.00315	-0.123	0.1993	-0.00056	0.000872	0.000673	-0.0000136
12	88	-0.4944	-0.0631	1.0722	-0.4674	-0.03	-0.0624	-0.0435	0.0005314
13	96	-0.4605	-0.9789	1.3697	-0.5648	-0.0602	-0.1304	-0.0892	0.001033
14	104	-0.0731	-1.1728	1.2733	-0.3379	-0.0682	-0.2264	-0.1325	0.0006766
15	112	0.2141	-1.1059	1.4119	-0.4822	-0.0597	-0.355	-0.1775	-0.0003991
16	120	0.4187	-1.2541	1.3877	-0.3891	-0.0741	-0.4713	-0.2335	-0.0006916
17	128	0.5558	-1.2467	1.3894	-0.3841	-0.1248	-0.5548	-0.2954	0.0003533
18	136	0.6312	-1.2627	1.3736	-0.3693	-0.2027	-0.6107	-0.366	0.00241
19	144	0.6711	-1.2541	1.3407	-0.3447	-0.3153	-0.6302	-0.4379	0.005777
20	152	0.6579	-1.222	1.307	-0.3427	-0.4687	-0.6005	-0.5211	0.0107
21	160	0.5933	-1.1749	1.2503	-0.3256	-0.6693	-0.5224	-0.6043	0.0174
22	168	0.4884	-1.1053	1.1924	-0.3261	-0.92	-0.3782	-0.7019	0.0261
23	176	0.36	-1.0304	1.1206	-0.3151	-1.233	-0.1646	-0.7915	0.0372
24	184	0.2087	-0.9406	1.0481	-0.3154	-1.6028	0.1315	-0.9016	0.0505
25	192	0.0397	-0.8459	0.9658	-0.3086	-2.0519	0.5121	-0.9934	0.0669
26	200	-0.1426	-0.7408	0.8818	-0.3081	-2.5854	1.004	-1.0905	0.0865
27	208	-0.3244	-0.6361	0.7937	-0.3025	-3.212	1.7479	-1.4041	0.1101
28	216	-0.4977	-0.5301	0.7073	-0.2993	-4.0726	2.196	-0.8133	0.1421
29	224	-0.6619	-0.4275	0.6203	-0.2926	-4.5927	1.6866	0.8378	0.1609
30	232	-0.8155	-0.3264	0.5358	-0.2868	-4.0852	0.8412	1.4222	0.1421
31	240	-0.9458	-0.2342	0.4551	-0.278	-3.2258	0.229	1.0987	0.1101
32	248	-1.0441	-0.152	0.3812	-0.2678	-2.5973	-0.2607	0.9942	0.0866
33	256	-1.109	-0.0824	0.3143	-0.2547	-2.0635	-0.6332	0.8981	0.0669
34	264	-1.1403	-0.0246	0.2551	-0.24	-1.614	-0.8885	0.7857	0.0506
35	272	-1.1427	0.0214	0.203	-0.2233	-1.2437	-1.0615	0.6956	0.0373
36	280	-1.1188	0.0575	0.1576	-0.2054	-0.931	-1.159	0.5988	0.0263
37	288	-1.0702	0.0828	0.1191	-0.1861	-0.6781	-1.1933	0.5173	0.0176
38	296	-1.0005	0.0986	0.0874	-0.1663	-0.4722	-1.1831	0.4361	0.0107
39	304	-0.9107	0.1047	0.0625	-0.1458	-0.3166	-1.1228	0.3671	0.005675
40	312	-0.8025	0.1023	0.0438	-0.1248	-0.2044	-1.0174	0.3009	0.002349

Tabel 7. 14 Rekapitulasi Garis Pengaruh (Lanjutan)

As	Jarak	Garis Pengaruh							
		BA11	BB11	D11	V11	BA29	BB29	D29	V29
41	320	-0.6815	0.0932	0.03	-0.1037	-0.1261	-0.8829	0.243	0.0003053
42	328	-0.5532	0.079	0.0206	-0.0829	-0.0753	-0.7286	0.1895	-0.0007207
43	336	-0.4188	0.0592	0.0162	-0.063	-0.0607	-0.551	0.1451	-0.0004184
44	344	-0.2894	0.0365	0.016	-0.045	-0.0687	-0.3732	0.1084	0.000651
45	352	-0.1797	0.0192	0.0136	-0.0291	-0.0604	-0.23	0.0743	0.001014
46	360	-0.0867	0.00941	0.006683	-0.0142	-0.0301	-0.11	0.0362	0.0005216
47	368	0.00268	-0.00046	0.000141	0.00029	0.000671	0.001676	-0.000474	-0.00001434
48	376	0.097	-0.0121	-0.00555	0.0151	0.031	0.1188	-0.037	-0.0005234
49	384	0.1843	-0.0232	-0.0105	0.0288	0.059	0.2221	-0.0702	-0.0009958
50	392	0.2535	-0.0326	-0.0137	0.0394	0.0802	0.3024	-0.0953	-0.001351
51	400	0.3026	-0.0395	-0.0157	0.0468	0.095	0.3588	-0.1127	-0.001599
52	408	0.3335	-0.0438	-0.017	0.0516	0.1044	0.3943	-0.1237	-0.001754
53	416	0.3331	-0.044	-0.0168	0.0514	0.104	0.393	-0.1232	-0.001748
54	424	0.2807	-0.0372	-0.0141	0.0433	0.0876	0.331	-0.1037	-0.001472
55	432	0.1979	-0.0262	-0.00989	0.0305	0.0617	0.2332	-0.0731	-0.001038
56	440	0.1007	-0.0134	-0.00503	0.0156	0.0315	0.1189	-0.0372	-0.0005303
57	448	-0.00126	-0.00192	0.000133	0.000303	0.001712	0.00176	-0.000211	-0.00005384

c. Beban Angin

Menurut SNI 1725-2016, Psl 9.6 diasumsikan angin rencana sebesar 90-126 km/jam. Ketinggian tekanan angin di hitung jika >10 m dari permukaan air atau permukaan tanah. Sehingga untuk menghitung kecepatan angin yang dipengaruhi ketinggian memiliki persamaan sebagai berikut :

$$V_{DZ} = 2,5 V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right)$$

Dimana:

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana.
(Km/Jam).

V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi > 10 m diatas
permukaan air / permukaan tanah. (m)

V_B = Kecepatan angin rencana 90-126 Km/Jam.

Z = Elevasi Struktur yang diukur dari permukaan
tanah atau permukaan air. (m)

V_o = Kecepatan gesekan angin yang didasari dari
tipe permukaan di hulu jembatan. (Km/Jam)

Z_o = Panjang gesekan di hulu jembatan. (m)

Misal peninjauan kecepatan angin pada ketinggian 57
m, sebagai berikut:

$$V_o = \text{Sub Urban} \rightarrow 17,6 \text{ Km/Jam}$$

$$Z_o = \text{Sub Urban} \rightarrow 1000 \text{ mm}$$

$$Z = 72,94 \text{ m}$$

$$V_{10} = 126 \text{ Km/Jam}$$

$$V_B = 126 \text{ Km/Jam}$$

$$V_{DZ} = 2,5 \times 17,6 \left(\frac{126}{126} \right) \ln \left(\frac{72940}{1000} \right)$$

$$V_{DZ} = 188,74 \text{ Km/Jam}$$

- Beban Angin Pada Struktur (EW_s)

Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal.

Beban angin pada struktur memiliki persamaan
sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

Dimana:

P_B = Tekanan angin dasar (Mpa)

Misal peninjauan beban angin pada ketinggian 57 m, sebagai berikut:

P_B Angin Tekan = 0,0024 Mpa → Rangka

P_B Angin Hisap = 0,0012 Mpa → Rangka

$$P_D \text{ Tekan} = 0,0024 \left(\frac{188,74}{126} \right)^2 = 0,005385 \text{ MPa}$$

$$P_D \text{ Hisap} = 0,0012 \left(\frac{188,74}{126} \right)^2 = 0,0026926 \text{ MPa}$$

Setelah didapatkan hasil tersebut maka pada perencanaan ini beban diubah menjadi beban merata di masing-masing elemen.

Misal pada busur atas dititik tertinggi yaitu 57 m memiliki tinggi penampang yang diterpa angin sebesar 800 mm, maka:

$$q \text{ Tekan} = 0,005385 \text{ Mpa} \times 800 \text{ mm} = 4,308 \text{ N/mm}$$

$$q \text{ Hisap} = 0,0026926 \text{ Mpa} \times 800 \text{ mm} = 2,15 \text{ N/mm}$$

Minimum beban q Tekan 4,4 N/mm dan q Hisap 2,2 N/mm. Berikut merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan pada pembebanan angin:

- Batang Atas

Tabel 7. 15 Tabel Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Atas Tinjauan ½ Bentang

Titik	Tinggi Z (m)	Vdz (Km/Jam)	Pd (Tekan)	Pd (Hisap)	Tinggi Penampang mm	Beban Merata Tekan kN/m	Beban Merata Hisap kN/m
			Mpa	Mpa			
1	-	-	-	-	-	-	-
2	24.5	140.74	0.003	0.001	400	4.4	2.2
3	24.5	140.74	0.003	0.001	400	4.4	2.2
4	24.5	140.74	0.003	0.001	400	4.4	2.2
5	24.5	140.74	0.003	0.001	400	4.4	2.2
6	25.4	142.33	0.003	0.002	400	4.4	2.2
7	26.3	143.86	0.003	0.002	800	4.4	2.2
8	27.6	145.98	0.003	0.002	800	4.4	2.2
9	29.2	148.46	0.003	0.002	800	4.4	2.2
10	31	151.10	0.003	0.002	800	4.4	2.2
11	33.2	154.11	0.004	0.002	800	4.4	2.2
12	35.644	157.24	0.004	0.002	800	4.4	2.2
13	38.4	160.51	0.004	0.002	800	4.4	2.2
14	41.478	163.91	0.004	0.002	800	4.4	2.2
15	44.893	167.39	0.004	0.002	800	4.4	2.2
16	48.66	170.93	0.004	0.002	800	4.4	2.2
17	52.39	174.18	0.005	0.002	800	4.4	2.2
18	55.769	176.93	0.005	0.002	800	4.4	2.2
19	58.815	179.27	0.005	0.002	800	4.4	2.2
20	61.536	181.26	0.005	0.002	800	4.4	2.2
21	63.948	182.96	0.005	0.003	800	4.4	2.2
22	66.06	184.38	0.005	0.003	800	4.4	2.2
23	67.88	185.58	0.005	0.003	800	4.4	2.2
24	69.404	186.56	0.005	0.003	800	4.4	2.2
25	70.667	187.35	0.005	0.003	800	4.4	2.2
26	71.645	187.96	0.005	0.003	800	4.4	2.2
27	72.35	188.39	0.005	0.003	800	4.4	2.2
28	72.786	188.65	0.005	0.003	800	4.4	2.2
29	72.937	188.74	0.005	0.003	800	4.4	2.2

- Batang Bawah

Tabel 7. 16 Tabel Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Bawah Tinjauan ½ Bentang

Titik	Tinggi Z (m)	Vdz (Km/Jam)	Pd (Tekan)	Pd (Hisap)	Tinggi Penampang	Beban Merata Tekan	Beban Merata Hisap
			Mpa	Mpa	mm	kN/m	kN/m
1	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
2	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
3	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
4	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
5	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
6	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
7	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
8	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
9	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
10	9.6	99.52	0.001	0.001	800	4.40	2.20
11	3.4	53.85	0.000	0.000	800	4.40	2.20
12	9.6	99.52	0.001	0.001	1600	4.40	2.20
13	16	121.99	0.002	0.001	1600	4.40	2.20
14	3.2	51.18	0.000	0.000	1600	4.40	2.20
15	9.578	99.42	0.001	0.001	1600	4.40	2.20
13	16	121.99	0.002	0.001	1600	4.40	2.20
14	22.772	137.52	0.003	0.001	1600	4.57	2.29
15	28.415	147.26	0.003	0.002	1600	5.25	2.62
16	33.507	154.52	0.004	0.002	1600	5.77	2.89
17	38.096	160.16	0.004	0.002	900	4.40	2.20
18	42.22	164.69	0.004	0.002	900	4.40	2.20
19	45.909	168.37	0.004	0.002	900	4.40	2.20
20	49.188	171.41	0.004	0.002	900	4.40	2.20
21	52.08	173.92	0.005	0.002	900	4.40	2.20
22	54.6	176.00	0.005	0.002	800	4.40	2.20
23	56.764	177.71	0.005	0.002	800	4.40	2.20
24	58.583	179.10	0.005	0.002	800	4.40	2.20
25	60.066	180.20	0.005	0.002	800	4.40	2.20
26	61.221	181.04	0.005	0.002	800	4.40	2.20
27	62.053	181.63	0.005	0.002	800	4.40	2.20
28	62.566	181.99	0.005	0.003	400	4.40	2.20
29	62.743	182.12	0.005	0.003	400	4.40	2.20

- Batang Diagonal

Tabel 7. 17 Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Diagonal Tinjauan ½ bentang.

Titik	Tinggi Z (m)	Vdz (Km/Jam)	Pd (Tekan)	Pd (Hisap)	Tinggi Penampang	Beban Merata Tekan	Beban Merata Hisap
			Mpa	Mpa	mm	kN/m	kN/m
1	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
2	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
3	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
4	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
5	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
6	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
7	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
8	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
9	16	121.99	0.002	0.001	500	4.40	2.20
10	9.6	99.52	0.001	0.001	800	4.40	2.20
11	3.4	53.85	0.000	0.000	800	4.40	2.20
12	9.6	99.52	0.001	0.001	1600	4.40	2.20
13	16	121.99	0.002	0.001	1600	4.40	2.20
14	3.2	51.18	0.000	0.000	1600	4.40	2.20
15	9.578	99.42	0.001	0.001	1600	4.40	2.20
13	16	121.99	0.002	0.001	1600	4.40	2.20
14	22.772	137.52	0.003	0.001	1600	4.57	2.29
15	28.415	147.26	0.003	0.002	1600	5.25	2.62
16	33.507	154.52	0.004	0.002	1600	5.77	2.89
17	38.096	160.16	0.004	0.002	900	4.40	2.20
18	42.22	164.69	0.004	0.002	900	4.40	2.20
19	45.909	168.37	0.004	0.002	900	4.40	2.20
20	49.188	171.41	0.004	0.002	900	4.40	2.20
21	52.08	173.92	0.005	0.002	900	4.40	2.20
22	54.6	176.00	0.005	0.002	800	4.40	2.20
23	56.764	177.71	0.005	0.002	800	4.40	2.20
24	58.583	179.10	0.005	0.002	800	4.40	2.20
25	60.066	180.20	0.005	0.002	800	4.40	2.20
26	61.221	181.04	0.005	0.002	800	4.40	2.20
27	62.053	181.63	0.005	0.002	800	4.40	2.20
28	62.566	181.99	0.005	0.003	400	4.40	2.20
29	62.743	182.12	0.005	0.003	400	4.40	2.20

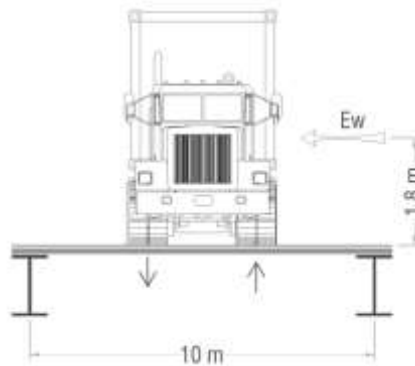
- Batang Vertikal

Tabel 7. 18 Rekapitulasi Beban Angin Pada Batang Vertikal Tinjauan ½ bentang

Titik	Tinggi Z (m)	Vdr (Km/Jam)	Pd (Tekan)	Pd (Hisap)	Tinggi Penampang mm	Beban Merata Tekan kN/m	Beban Merata Hisap kN/m
			Mpa	Mpa			
1	-	-	-	-	-	-	-
2	20.25	132.36	0.003	0.001	400	4.40	2.20
3	20.25	132.36	0.003	0.001	400	4.40	2.20
4	20.25	132.36	0.003	0.001	400	4.40	2.20
5	20.25	132.36	0.003	0.001	400	4.40	2.20
6	20.25	132.36	0.003	0.001	400	4.40	2.20
7	20.25	132.36	0.003	0.001	400	4.40	2.20
8	22	136.01	0.003	0.001	600	4.40	2.20
9	22	136.01	0.003	0.001	600	4.40	2.20
10	22	136.01	0.003	0.001	600	4.40	2.20
11	22	136.01	0.003	0.001	800	4.40	2.20
12	25	141.63	0.003	0.002	800	4.40	2.20
13	25	141.63	0.003	0.002	600	4.40	2.20
14	32.125	152.60	0.004	0.002	1000	4.40	2.20
15	36.634	158.47	0.004	0.002	1000	4.40	2.20
16	41.0835	163.49	0.004	0.002	1000	4.40	2.20
17	45.243	167.73	0.004	0.002	1000	4.40	2.20
18	48.9945	171.24	0.004	0.002	1000	4.43	2.22
19	52.362	174.16	0.005	0.002	900	4.40	2.20
20	55.362	176.61	0.005	0.002	900	4.40	2.20
21	58.014	178.67	0.005	0.002	900	4.40	2.20
22	60.33	180.39	0.005	0.002	900	4.43	2.21
23	62.322	181.82	0.005	0.002	900	4.50	2.25
24	63.9985	182.99	0.005	0.003	900	4.56	2.28
25	65.3665	183.92	0.005	0.003	600	4.40	2.20
26	66.433	184.63	0.005	0.003	600	4.40	2.20
27	67.2015	185.14	0.005	0.003	600	4.40	2.20
28	67.676	185.45	0.005	0.003	600	4.40	2.20
29	67.84	185.55	0.005	0.003	600	4.40	2.20

- **Beban Angin Pada Kendaraan (EW_L)**

Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan. Dengan lebar jembatan adalah 10 m pada perencanaan ini.



Gambar 7. 16 Permodelan Beban Angin Kendaraan

Maka, beban yang diterima pada lantai kendaraan adalah :

$$\begin{aligned}
 EW_{\text{Tegak Lurus}} &= 1,46 \text{ N/mm} \times \frac{1,8 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 0,263 \text{ N/mm} \\
 &= 0,263 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

d. **Beban Temperatur**

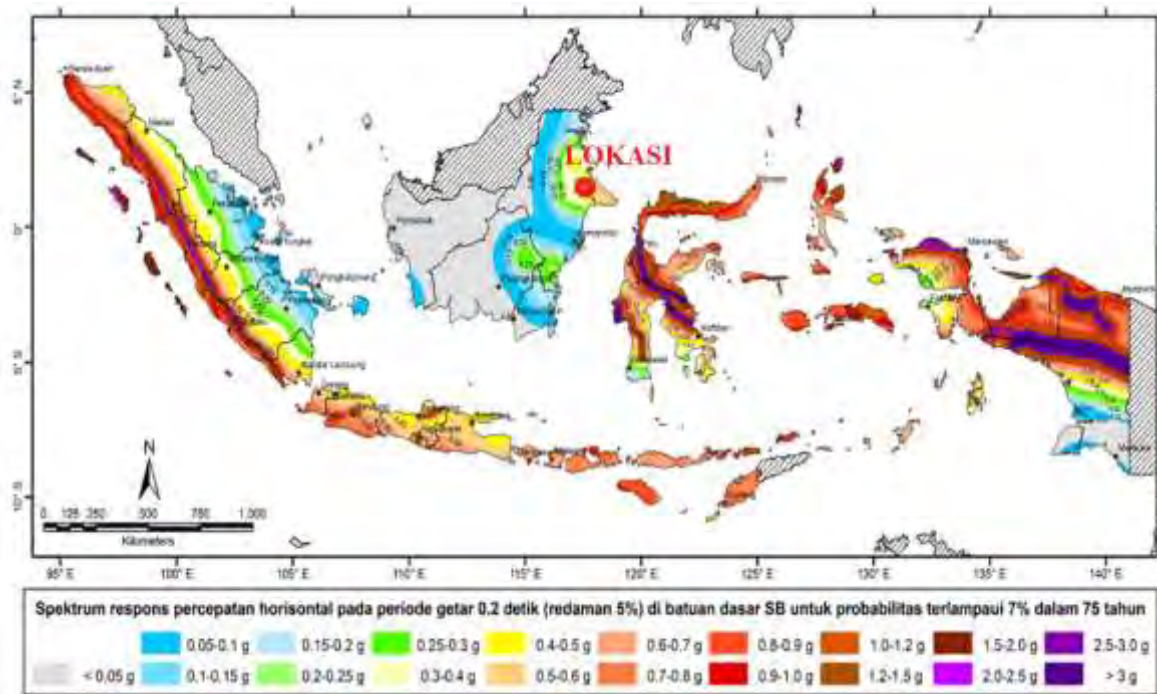
Menurut SNI 1725 – 2016, beban temperatur jembatan rata-rata nominal untuk lantai beton diatas

gelagar, boks, dan rangka baja ditentukan, yaitu antara $15^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$.

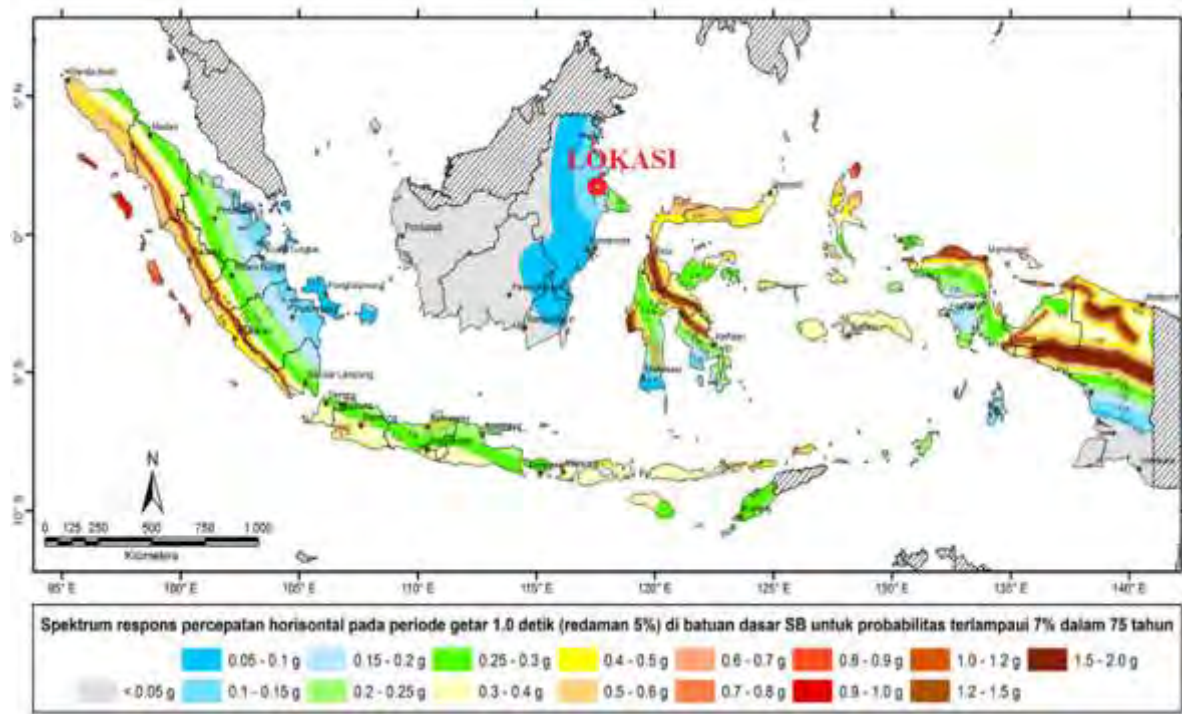
Sehingga beban temperatur yang diterima jembatan adalah $40-15 = 25^{\circ}\text{C}$ dengan faktor beban (K_{ET}^{U}) sebesar 1,2.

e. Beban Gempa

Pada tugas akhir ini, beban gempa menggunakan *response spectrum analysis* dengan bantuan program SAP2000 berdasarkan (RSNI 2833-201X Ps.5.2.1). Lokasi struktur seperti pada gambar 7.6 dan gambar 7.7 berikut:

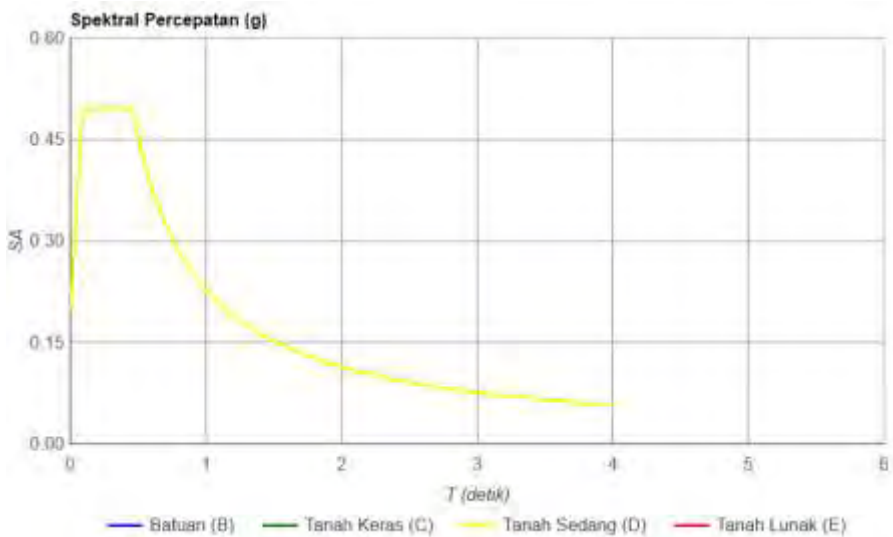


Gambar 7. 17 Peta Respon Spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun (S_s)



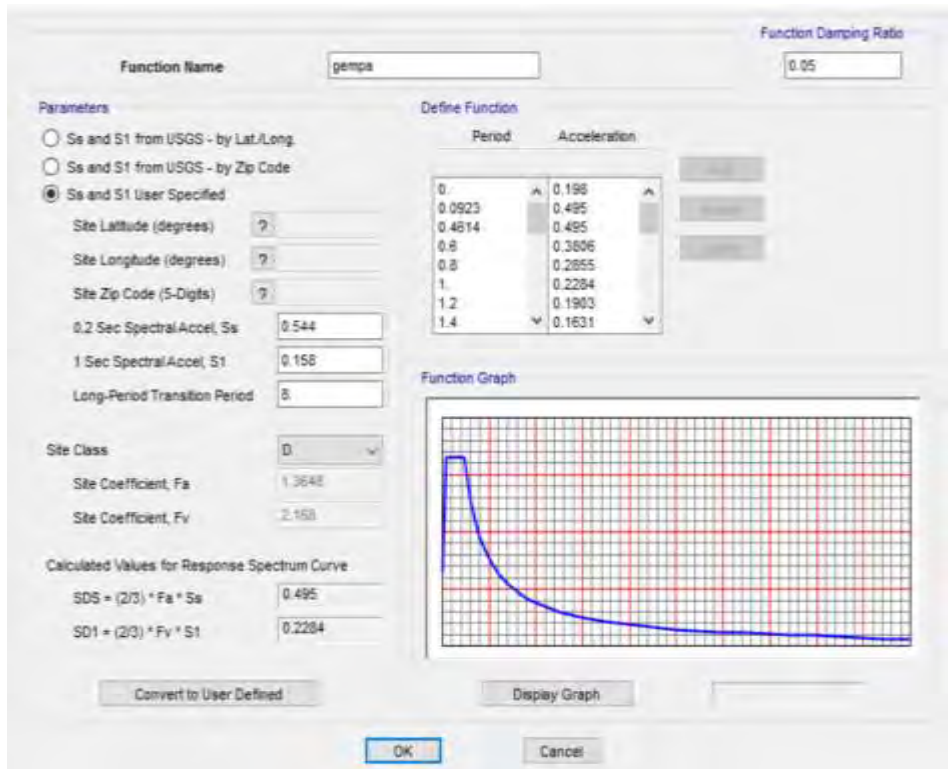
Gambar 7. 18 Peta Respon Spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun (S_1)

Dari hasil data tanah setempat diasumsikan struktur berada pada tanah sedang. Berikut grafik *response spectrum* yang didapatkan dari www.puskim.pu.go.id dengan kondisi tanah sedang :



Gambar 7. 19 Grafik *Response Spectrum* di Berau, Kaltim

Grafik tersebut dimasukan ke dalam program bantu SAP2000 sesuai dengan jenis tanah sedang pada daerah lokasi jembatan seperti gambar 7.20 berikut:



Gambar 7. 20 Input Grafik *Response Spectrum* di software (SAP 2000)

- Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%. Maka dari itu pada program SAP2000 digunakan variasi modal gempa 280 mode untuk memenuhi persyaratan tersebut.

Tabel 7. 19 Output dari *Modal Participation Masses*

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	267	0.070709	2.75E-07	2.362E-05	7.931E-06	0.9829	0.9721	0.9158
MODAL	Mode	268	0.070528	2.315E-06	4.202E-07	0.0001175	0.9829	0.9721	0.9159
MODAL	Mode	269	0.070444	2.008E-07	1.466E-07	5.221E-08	0.9829	0.9721	0.9159
MODAL	Mode	270	0.069892	7.961E-05	2.458E-08	0.0013	0.983	0.9721	0.9172
MODAL	Mode	271	0.069868	7.764E-07	4.059E-10	0.0005846	0.983	0.9721	0.9178
MODAL	Mode	272	0.069831	8.674E-05	3.291E-07	0.002	0.9831	0.9721	0.9198
MODAL	Mode	273	0.069514	0.000114	1.981E-07	0.0007655	0.9832	0.9721	0.9206
MODAL	Mode	274	0.069403	3.776E-07	8.396E-05	3.619E-07	0.9832	0.9722	0.9206
MODAL	Mode	275	0.069224	3.503E-05	2.224E-06	1.194E-05	0.9832	0.9722	0.9206
MODAL	Mode	276	0.069201	2.462E-06	2.971E-05	1.789E-07	0.9832	0.9723	0.9206
MODAL	Mode	277	0.069017	1.678E-06	5.455E-08	4.992E-07	0.9832	0.9723	0.9206
MODAL	Mode	278	0.06891	5.896E-07	6.334E-09	0.000189	0.9832	0.9723	0.9208
MODAL	Mode	279	0.068827	2.277E-06	5.153E-10	1.529E-07	0.9832	0.9723	0.9208
MODAL	Mode	280	0.06878	0.0002038	5.562E-10	0.0004098	0.9834	0.9723	0.9212
OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent		Dynamic Percent				
MODAL	Acceleration	UX	100		98.342				
MODAL	Acceleration	UY	99.9987		97.2263				
MODAL	Acceleration	UZ	100		92.1184				

Menurut SNI 1725-2016, ps1. 9.7 beban rencanan gempa diperoleh sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

Dimana :

E_Q = Gaya Gempa Horizontal Statis (kN)

C_{sm} = Koef. Respons Elastik

R = Faktor modifikasi Respons \rightarrow Rangka = 3

W_t = Berat Total Struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup (kN)

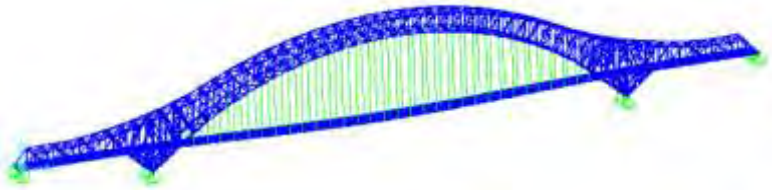
Tabel 7. 20 Beban Mati Pada Jembatan

Beban Mati	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Berat	γ kN/m ³	Jumlah (buah)	Total kN
Berat Sendiri							38475.27
Gel. Memanjang	8			1.5111		392	4738.81
Gel. Melintang	10			3.4561		57	1969.977
Plat Beton	8	9	0.2		24	56	19353.6
Bondek	8	9		0.14		56	564.48
Aspal	8	9	0.05		22	56	4435.2
Trotoar	8	9	0.2		24	56	38707.2
Total							108244.5

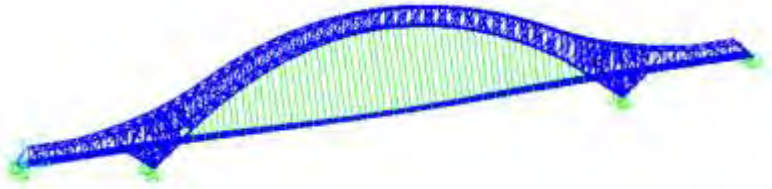
Base shear yang terjadi tidak boleh kurang 80% gaya

geser dasar nominal $\left(V = \frac{C \cdot I}{R} \times W_t \right)$. Untuk waktu

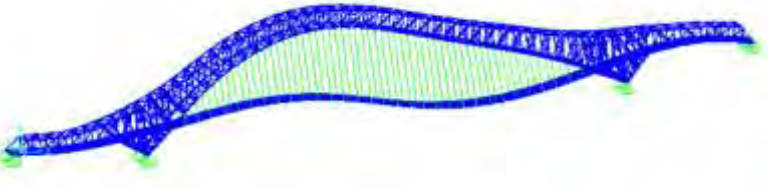
getar alami struktur (T) dapat langsung diketahui melalui program SAP2000 dengan fungsi modal melalui mode 1 sampai mode 450 tetapi yang ditunjukkan disini hanya beberapa mode seperti gambar dibawah ini:



Gambar 7. 21 Mode 1 $T = 2,42$ sec (Lateral)



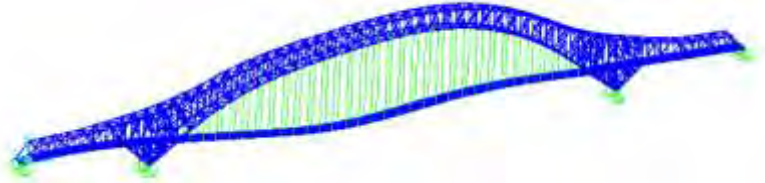
Gambar 7. 22 Mode 2 $T = 1,73$ sec (Torsi)



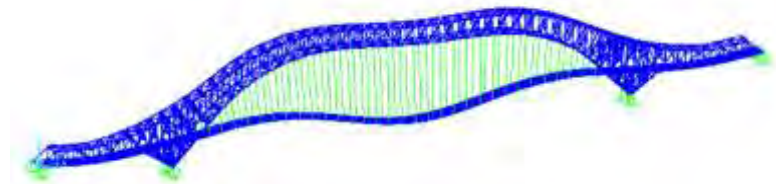
Gambar 7. 23 Mode 3 $T = 1,23$ sec (Transversal)



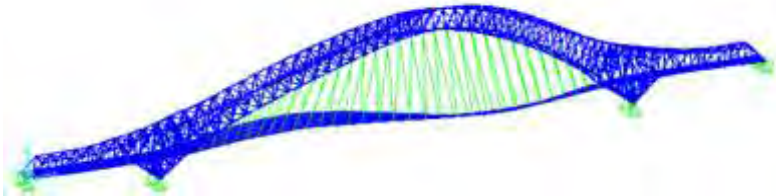
Gambar 7. 24 Mode 4 $T = 0,93$ sec (Lateral)



Gambar 7. 25 Mode 5 $T = 0,91$ sec (Longitudinal)



Gambar 7. 26 Mode 6 $T = 0,74$ sec (Torsi)



Gambar 7. 27 Mode 7 $T = 0,68$ sec (Transversal)

- Kontrol Gempa Arah X

Reaksi arah X yang dihasilkan program SAP2000 pada masing-masing perletakan dan jumlah totalnya adalah :

$$Teq_{Specx} = 8719,47 \text{ kN}$$

Dari SAP2000, didapatkan waktu getar alami (T) terhadap arah X sebesar 2,47 detik (mode 1). Sehingga

didapatkan nilai (S_{ds}) sebesar 0,11 pada grafik. Maka gaya geser dasar nominal adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_{EQX} &= \frac{S_{ds} \cdot I}{R} \times W_t \\ &= \frac{0,11 \cdot 1,25}{3} \times 108244,5 = 4961,21 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol Base Shear

$$T_{EQX} \geq 0,8 T_{Eqx}$$

$$8719,47 \text{ kN} > 3968,96 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Karena *base shear* yang terjadi lebih dari 80% gaya geser dasar nominal arah X maka skala gempa yang dimasukan ke program SAP2000 dapat digunakan.

- Kontrol Gempa Arah Y

Reaksi arah Y yang dihasilkan program SAP2000 pada masing-masing perletakan dan jumlah totalnya adalah :

$$Teq_{Specx} = 4276 \text{ kN}$$

Dari SAP2000, didapatkan waktu getar alami (T) terhadap arah Y sebesar 2,47 detik (mode 1). Sehingga didapatkan nilai (S_{ds}) sebesar 0,11 pada grafik. Maka gaya geser dasar nominal adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T_{EQX} &= \frac{S_{ds} \cdot I}{R} \times W_t \\
 &= \frac{0,11 \cdot 1,25}{3} \times 108244,5 = 4961,21 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol Base Shear

$$T_{EQx} \geq 0,8 T_{Eqx}$$

$$4276 \text{ kN} > 3968,96 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Karena *base shear* yang terjadi lebih dari 80% gaya geser dasar nominal arah Y maka skala gempa yang dimasukan ke program SAP2000 dapat digunakan.

7.3.4. Kombinasi Beban

Jembatan ini terletak di Berau, Kalimantan Timur yang memiliki kelas $\gamma_{EQ} = 0,3$ (jembatan penting) berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 6.1. Pada Tabel 7.21 merupakan kombinasi pembebanan yang diberikan pada perencanaan jembatan ini.

Tabel 7. 21 Faktor Kombinasi Beban Jembatan

Keadaan Batas	Faktor Kombinasi
Kuat I	1 DL + 2 LL
Kuat III	1 DL + 1,4 EW _s
Kuat V	1 DL + 0,4 EW _s + 1 EW _L
Ekstrem I	1 DL + 0,3 LL + 1 EQ
Daya Layan I	1 DL + 1 LL + 0,3 EW _s + 1 EW _L

Dari kombinasi tersebut diambil nilai yang terbesar untuk mendesain profil yang ditinjau. Pada Tabel 7.20 merupakan hasil gaya dari batang yang ditinjau.

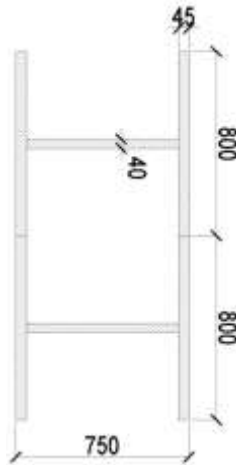
Tabel 7. 22 Hasil Gaya pada Batang Yang Ditinjau

Gaya	Keadaan Batas	Batang Yang Ditinjau							
		BA11	BB11	D11	V11	BA29	BB29	D29	V29
Aksial (kN)	Kuat I	381.1009	-14046.3	12340.07	-5802.57	-20436.2	-2923.15	514.0684	628.3716
	Kuat III	7855.547	2766.228	3134.75	-599.719	-14986.7	-6548.34	27.9566	403.7596
	Kuat V	2049.444	-4206.97	5279.505	-2407.5	-10910.1	-3574.03	54.5776	277.8896
	Ekstrem I	924.8005	-7337.82	7963.406	-3251.43	-9202.51	-837.994	959.3051	324.3853
	Daya Layan I	1793.714	-8442.44	8600.162	-3929.52	-16088	-3551.57	282.3029	466.2
Momen (kN-m)	Kuat I	-881.25	-1240.17	-966.802	-17.9412	64.0134	104.7476	30.0467	0
	Kuat III	-209.504	-306.898	-241.551	-564.294	64.0134	48.5978	30.0467	-0.7994
	Kuat V	-358.902	-483.44	-409.146	-435.386	64.0134	37.5868	30.0467	-0.2284
	Ekstrem I	-434.135	-574.15	-502.575	-231.772	64.0134	55.37011	30.0467	2.948
	Daya Layan I	-605.441	-844.596	-671.605	-239.349	64.0134	72.3401	30.0467	-0.1713
Torsi (kN-m)	Kuat I	4.36	-61.4274	-7.692	-12.085	-0.2754	0.3496	0	0
	Kuat III	-12.67	150.46	5.3072	22.5654	2.336	2.55162	-0.00238	-0.00658
	Kuat V	-1.589	20.178	-0.1162	2.4049	0.4537	0.85732	-0.00068	-0.00188
	Ekstrem I	3.5972	-34.3066	-2.5873	-5.55795	0.02449	-0.46639	0	0
	Daya Layan I	0.308	-7.3757	-3.377	-2.8537	0.3	0.77829	-0.00051	-0.00141

7.4. Cek Penampang Busur

Pada peninjauan perhitungan manual ini hanya ditinjau BB11, mengingat rangka tersebut memiliki banyak tipe profil selanjutnya akan di rekapitulasi dari peninjauan yang telah ditentukan. Berikut contoh perhitungan kontrol penampang pada BB11.

7.4.1. Kontrol Penampang Busur WFB 750.800.40.45 (BB11)



Gambar 7. 28 Penampang Profil (BB11)

Kriteria dimensi flens dan web menurut (SNI 1729:2015 ps. B4. 2) untuk penampang box.

a. Cek *Local Buckling*

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{t_f} &= \frac{500}{38} = 13,16 \\ \lambda_R &= 1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92 \end{aligned} \right\} \frac{b}{t_f} < \lambda_R \rightarrow Ok$$

b. Cek *Flexural Buckling*

$$\begin{aligned} h &= d - 2(t_f - r) \\ &= 750 - 2(45 - 0) = 660 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{660}{40} = 16,5$$

$$\lambda_R = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 125,892$$

Karena, $h/t_w < \lambda_R \rightarrow$ Plastis

Profil yang digunakan : WFB 750.800.40.45

$$A = 1968 \text{ cm}^2 \quad g = 1544.88 \text{ kg/m}$$

$$d = 750 \text{ mm} \quad i_x = 44,62 \text{ cm}$$

$$b = 800 \text{ mm} \quad i_y = 31,75 \text{ cm}$$

$$t_w = 40 \text{ mm} \quad Z_x = 78720 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 45 \text{ mm} \quad Z_y = 59472 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 48968,8 \text{ cm}^3 \quad I_x = 3917504 \text{ cm}^4$$

$$S_y = 52890,24 \text{ cm}^3 \quad I_y = 1983384 \text{ cm}^4$$

Panjang Tekuk : $L_{kx} = 821 \text{ cm}$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$N_u = 17113,721 \text{ kN (tekan)} \rightarrow (\text{Comb. Kuat I})$$

$$N_u = 2766,23 \text{ kN (tarik)} \rightarrow (\text{Comb. Kuat II})$$

$$M_{u_y} = 1319.582 \text{ kN} \rightarrow (\text{Comb. Kuat I})$$

$$M_{u_z} = 333,727 \text{ kN} \rightarrow (\text{Comb. Kuat II})$$

$$T_u = 150,46 \text{ kN} \rightarrow (\text{Comb. Kuat V})$$

$$V_{u_y} = 177,27 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat I})$$

$$V_{u_z} = 116,957 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat II})$$

- Kontrol Sebagai Batang Tekan : (SNI 1729:2015 ps. E3)

$$\lambda_x = \frac{K_x \cdot L_{kx}}{i_x} = \frac{1 \cdot 821}{44,62} = 18,40$$

$$\lambda_y = \frac{K_y \cdot L_{ky}}{i_y} = \frac{1 \cdot 821}{31,75} = 25,858 \text{ (menentukan)}$$

Maka Nilai F_{cr} :

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{25,858^2} = 2952,16 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] f_y$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{410}{2952,16}} \right] 410 = 386,85 \text{ MPa}$$

- Kekuatan Nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times F_{cr} = 196800 \times 386,85 \\ &= 76132080 \text{ N} \rightarrow 76132,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 76132,08 = 64712,268 \text{ kN}$$

$$N_u = 17113,721 \text{ kN} < \phi N_n = 64712,268 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Penampang box tersebut masih mampu menahan gaya tekan yang terjadi.

- Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3)

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{\min}} = \frac{2452,541}{44,62} = 54,965 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times A_g \times f_y = 0,9 \times 1968 \times 4100 \\ &= 7261920 \text{ kg} \rightarrow 72619,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_u < N_n$$

$$2766,23 \text{ kN} < 72619,2 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 1968 - 4,5 \times (3,5 + 0,15) = 1951,575 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 1672,8 \text{ cm}^2$$

$$\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)} = \frac{750^2}{4(750+800)} = 90,72$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{90,72}{821} = 0,889$$

$$A_e = u \times A_n = 0,889 \times 1672,8 = 1487,12 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 1487,12 \\ &= 6134370 \text{ kg} \rightarrow 61343,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_u < N_n$$

$$2766,23 \text{ kN} < 61343,70 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Terhadap Lentur : (SNI 1729-2015 Tabel B4.1)

Badan :

$$\frac{h}{2tw} \leq 2,42 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{660}{80} \leq 2,42 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$8,25 \leq 53,448 \dots \text{Ok}$$

Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} \leq 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{800}{90} \leq 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$8,89 \leq 24,74 \dots \text{Ok}$$

Jadi : Penampang Kompak $\rightarrow M_n = M_p$

Berdasarkan SNI 1729-2015 F7.1 nilai $M_n = Z_x \cdot f_y$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 78720 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 322752000 \text{ kgcm} = 32275,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{u_y} < \Phi \cdot M_n$$

$$1319.582 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 32275,2 \text{ kNm}$$

$$1319.582 \text{ kNm} < 29047,68 \text{ kNm}$$

Penampang box tersebut masih mampu menahan gaya lentur yang terjadi.

- Kontrol Terhadap Beban Kombinasi Aksial dan Lentur:
(SNI 1729-2015 ps. H1)

Dimana :

$$P_r = P_u = 17113,721 \text{ kN}$$

$$P_c = \phi P_n = 64712,268 \text{ kN}$$

$$M_{r_y} = M_{u_y} = 1319.582 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{c_y} &= \Phi \cdot M_{n_y} &= 29047,68 \text{ kNm} \\
 M_{r_z} &= M_{u_z} &= 333,725 \text{ kNm} \\
 M_{c_z} &= \Phi \cdot M_{n_z} &= 0,9 \times 59472 \times 4100 \\
 &&= 219451680 \text{ kgcm} \rightarrow 21945,168 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_c} > 0,2$$

$$\frac{17113,721}{64712,268} > 0,2$$

$$0,264 > 0,2 \rightarrow \text{Rumus 1}$$

Rumus 1 : (SNI 1729-2015 ps. H1.a)

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{r_y}}{M_{c_y}} + \frac{M_{r_z}}{M_{c_z}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{17113,721}{64712,268} + \frac{8}{9} \left(\frac{1319,582}{29047,68} + \frac{333,725}{21945,168} \right) \leq 1,0$$

$$0,318 \leq 1,0 \rightarrow \text{Ok}$$

Penampang box tersebut masih mampu menahan gaya kombinasi (Aksial + Lentur) yang terjadi.

- Kontrol Terhadap Torsi: (SNI 1729-2015 ps. H3)

$$\frac{h}{t} \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{800}{45} \leq 2,45 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$17,78 \leq 54,11 \rightarrow \text{sehingga menggunakan } f_{cr} = 0,6 f_y$$

$$f_{cr} = 0,6.f_y$$

$$= 0,6 \cdot 410 \text{ N/mm}^2$$

$$= 246 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} C &= 2 (b - t_f) (h - t_w) t_f - 4,5(4 - \pi t)^3 \\ &= 2 (750 - 45) \times (800 - 40) 45 - 4,5 (4 - \pi \cdot 45)^3 \\ &= 59869269,53 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= 0,9 \cdot f_{cr} \cdot C \\ &= 0,9 \cdot 246 \text{ N/mm}^2 \cdot 59869269,53 \text{ mm}^3 \\ &= 1,3255 \times 10^{10} \text{ Nmm} \rightarrow 13255,056 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$T_u < T_c$$

$$150,46 \text{ kNm} < 13255,056 \text{ kNm}$$

- Kontrol Terhadap Geser: (SNI 1729-2015 ps. G2)

$$\frac{h}{t} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}} \rightarrow K_v = 5 \text{ untuk penampang Persegi}$$

$$\frac{800}{45} < 1,10 \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{410}} \rightarrow C_v = 1$$

$$17,78 < 54,32$$

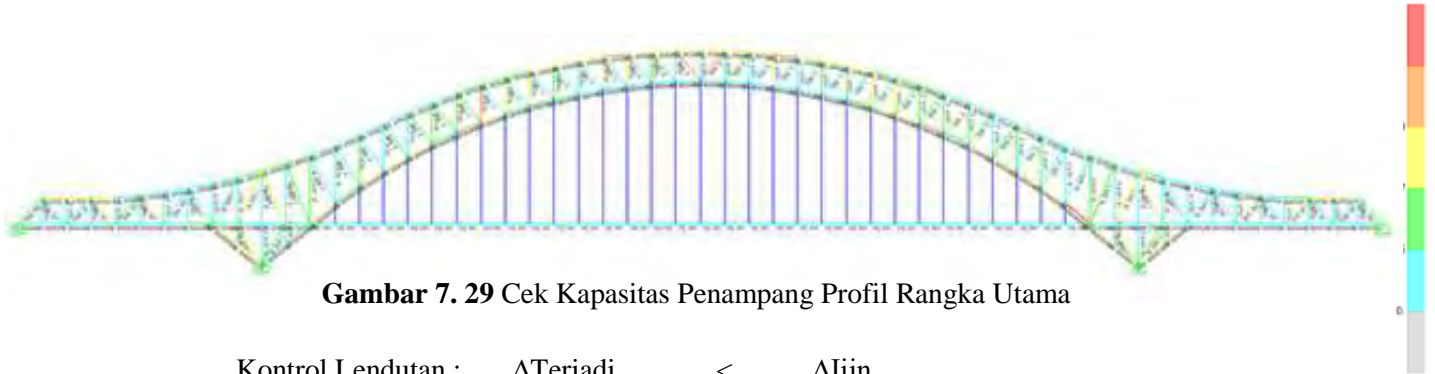
$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot 410 \cdot (2 \times 800 \times 45) \cdot 1 \\ &= 17712000 \text{ N} = 17712 \text{ kN} > V_{u_y} = 177,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pada tabel 7.23 merupakan hasil rekapitulasi batang dari yang ditinjau. Sedangkan pada gambar 7.18 merupakan cek kapasitas penampang pada rangka utama.

Tabel 7. 23 Rekapitulasi Kontrol Penampang yang ditinjau

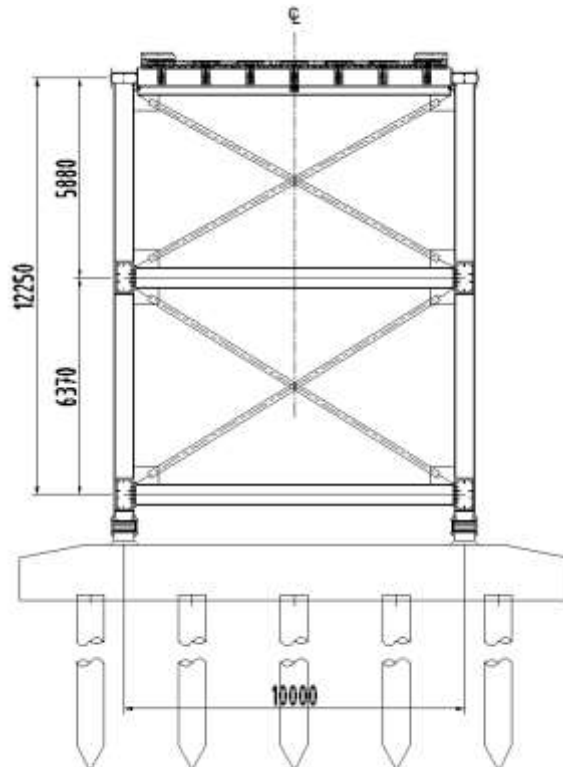
Nama Batang	Profil Batang (mm)	Nu (-) (kN)	Nn (-) (kN)	Kontrol	Nu (+) (kN)	Nn (+) (kN)	Kontrol	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Kontrol	Tu (kNm)	Tn (kNm)	Kontrol	Vu (kNm)	Vn (kNm)	Kontrol
BA 11	WFB 750.400.25.30	7855.55	24735.82	OK	7855.55	28200.37	OK	881.25	6088.50	OK	12.67	4317.84	OK	153.16	2952	OK
BB 11	WFB 750.800.40.45	17113.72	64712.27	OK	2766.23	61343.70	OK	4169.85	29047.68	OK	4365.21	13255.06	OK	177.27	17712	OK
D 11	WFB 750.400.22.25	0.00	15781.95	OK	12340.07	26283.78	OK	966.80	6293.30	OK	7.69	3863.04	OK	99.21	2460	OK
V 11	WFB 750.600.32.38	5802.57	35966.05	OK	0.00	46527.96	OK	564.29	14871.00	OK	22.57	5066.90	OK	80.70	5609	OK
BA 29	WFB 750.400.32.38	20436.24	31575.17	OK	0.00	35486.11	OK	64.01	7670.48	OK	2.34	3461.75	OK	32.00	3739	OK
BB 29	WFB 750.300.22.25	6548.34	16633.76	OK	0.00	20758.54	OK	104.75	3365.28	OK	2.55	2659.17	OK	28.44	1845	OK
D 29	WF 750.300.22.25	0.00	2368.93	OK	959.31	10379.27	OK	30.05	446.38	OK	0.00	2659.17	OK	9.45	923	OK
V 29	WF 750.300.22.25	0.00	2368.93	OK	628.37	10439.43	OK	0.01	446.38	OK	0.01	2659.17	OK	1.08	923	OK

**Gambar 7. 29** Cek Kapasitas Penampang Profil Rangka Utama

Kontrol Lendutan : $\Delta_{\text{Terjadi}} < \Delta_{\text{Ijin}}$
 $0,22 \text{ m} < (288/800)=0,36\text{m} \rightarrow \text{Ok}$

7.5. Portal Akhir

Portal akhir adalah konstruksi yang meneruskan gaya dari ikatan angin dan busur ke tumpuan (pondasi). Sebagai kolom pada portal akhir menggunakan profil WFB 750.600.32.38, ini dilakukan untuk memenuhi luasan profil sebagai portal akhir dan juga agar memudahkan untuk menyambung dengan busur yang menggunakan profil gabungan.



Gambar 7. 30 Permodelan Portal Akhir

7.5.1. Balok Portal Akhir

Dari SAP 2000, beban yang bekerja pada balok sebesar :

$$V_u = 112,833 \text{ kN}$$

$$M_u = 2253,95 \text{ kN}$$

Direncanakan balok profil WF 1000.450.16.32 dengan data sebagai berikut:

$$W = 345,61 \text{ kg/m}$$

$$A = 440,27 \text{ cm}^2$$

$$d = 1000 \text{ mm}$$

$$b_f = 450 \text{ mm}$$

$$t_f = 32 \text{ mm}$$

$$t_w = 16 \text{ mm}$$

$$i_x = 42,35 \text{ cm}$$

$$i_y = 10,51 \text{ cm}$$

$$f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 550 \text{ Mpa}$$

$$I_x = 789647,4 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 48635 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 15792,9 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 2161,6 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 17443,584 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 3299,904 \text{ cm}^3$$

$$h = d - 2(t_f + r) = 1000 - 2(16 + 28) = 912 \text{ mm}$$

$$L = 1000 \text{ cm}$$

Profil yang digunakan sama seperti balok melintang, sehingga analisa kapasitas profil dapat disamakan dengan balok melintang. Dari analisa tersebut didapatkan kapasitas sebagai berikut:

$$M_n = 77585,77 \text{ kNm} \quad (\text{Post Komposite})$$

$$V_n = 3230,67 \text{ kN}$$

Sehingga didapatkan hasil kontrol sebagai berikut:

$$M_u = 2253,95 \text{ kN} < M_n = 77585,77 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}$$

$$V_u = 112,833 \text{ kN} < V_n = 3230,67 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

7.5.2. Kolom Portal Akhir

Beban yang bekerja pada kolom portal, $P_u = 11030,651$ kN digunakan profil WFB 750.600.32.38 dengan mutu BJ-55

$W = 7054,537 \text{ kg/m}$	$A = 1343,36 \text{ cm}^2$
$d = 750 \text{ mm}$	$bf = 1200 \text{ mm}$
$tf = 38 \text{ mm}$	$tw = 32 \text{ mm}$
$i_x = 33,226 \text{ cm}$	$i_y = 31,35 \text{ cm}$
$f_y = 410 \text{ Mpa}$	$f_u = 550 \text{ Mpa}$
$I_x = 1482992,1 \text{ cm}^4$	$I_y = 1320226,8 \text{ cm}^4$
$S_x = 24716,535 \text{ cm}^3$	$S_y = 35206,05 \text{ cm}^3$
$Z_x = 40300,8 \text{ cm}^3$	$Z_y = 39735,62 \text{ cm}^3$
$h = d - 2(tf + r) = 750 - 2(32 + 0) = 686 \text{ mm}$	

- Kontrol terhadap Kolom : (SNI 1729:2015 ps. E3)

Panjang Tekuk :

$$L = 1275,7 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 1275,7 = 1275,7 \text{ cm}$$

Tekuk terhadap sumbu X :

$$\lambda_x = \frac{L_{k_x}}{i_x} = \frac{1275,7}{33,226} = 38,395$$

$$\lambda_y = \frac{L_{k_y}}{i_y} = \frac{1275,7}{31,35} = 40,692 \text{ (menentukan)}$$

$$N_{crbx} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2} A_g = \frac{\pi^2 2000000}{38,395^2} 1343,36$$

$$= 17987582,95 \text{ kg} \rightarrow 179875,83 \text{ kN}$$

$$N_{\text{crby}} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2} A_g = \frac{\pi^2 2000000}{40,692^2} 1343,36$$

$$= 16014157 \text{ kg} \rightarrow 160141,57 \text{ kN}$$

Maka Nilai F_{cr} :

$$F_{\text{cr}} = \left[0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] f_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K.L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{40,692^2} = 1192,097 \text{ MPa}$$

$$F_{\text{cr}} = \left[0,658^{\frac{410}{1192,097}} \right] 410 = 355,031 \text{ MPa}$$

o Kekuatan Nominal Kolom :

$$N_n = A_g \times F_{\text{cr}} = 134336 \times 355,031$$

$$= 47693444,42 \text{ N} \rightarrow 47693,44 \text{ kN}$$

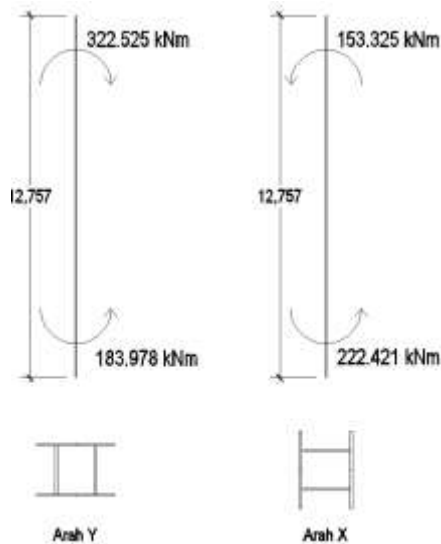
o Kuat Rencana Kolom :

$$N_u < \phi N_n = 0,85 \times 47693,44 \text{ kN}$$

$$11030,651 \text{ kN} < 40539,43 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

o Kontrol Kolom :

$$\text{Gaya yang bekerja} \rightarrow P_u = 11030,651 \text{ kN}$$



Gambar 7. 31 Gaya Momen Pada Kolom Portal

Terhadap Sumbu X

$$C_{mx} = 0,6 - 0,4\beta \dots\dots (LRFD 7.4 - 4)$$

$$= 0,6 - 0,4 \left(\frac{153,325}{222,421} \right) = 0,324$$

$$C_{mx} = 0,6 - 0,4\beta \dots\dots (LRFD 7.4 - 4)$$

$$= 0,6 - 0,4 \left(\frac{153,325}{222,421} \right) = 0,324$$

$$\delta_{bx} = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crbx}} \right)} = \frac{0,324}{1 - \left(\frac{11030,651}{179875,83} \right)}$$

$$= 0,345 < 1,0 \rightarrow \delta_{bx} = 1$$

$$M_{ux} = \delta_{bx} \times M_{utx}$$

$$= 1 \times 222,421 \text{ kNm} = 222,421 \text{ kNm}$$

Terhadap Sumbu Y

$$\begin{aligned} C_{my} &= 0,6 - 0,4\beta \dots (LRFD 7.4 - 4) \\ &= 0,6 - 0,4 \left(\frac{183.978}{322.525} \right) = 0,372 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{by} &= \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crby}} \right)} = \frac{0,372}{1 - \left(\frac{322,525}{160141,57} \right)} \\ &= 0,373 < 1,0 \rightarrow \delta_{bx} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= \delta_{bx} \times M_{uty} \\ &= 1 \times 322,525 \text{ kNm} = 322,525 \text{ kNm} \end{aligned}$$

○ *Cek Lokal Buckling*

$$\frac{b}{t_f} = \frac{600}{38} = 15,79$$

$$\lambda_R = 1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\text{Karena : } \frac{b}{t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{Ok}$$

○ *Cek Flexural Buckling*

$$\frac{h}{t_w} = \frac{686}{32} = 21,44$$

$$\lambda_R = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 125,892$$

$$\text{Karena : } \frac{h}{t_w} < \lambda_R \rightarrow Ok$$

Terhadap sumbu X

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \cdot f_y = 40300,8 \times 4100 \\ &= 165233280 \text{ kgcm} = 16523,33 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Terhadap Sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \cdot f_y \\ &= 39735,62 \cdot 4100 \\ &= 162916042 \text{ kgcm} = 16291,604 \text{ kNm} \end{aligned}$$

o Kontrol *Lateral Buckling*

$$L_b = 1275,7 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 31,35 \sqrt{\frac{200000}{410}} \\ &= 1218,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} h t_w^3 + \frac{2}{3} b t_f^3 \\ &= \frac{1}{3} \times 68,6 \times 3,2^3 + \frac{2}{3} \times 120 \times 3,8^3 \\ &= 5139,055 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} \\ &= \frac{\pi}{24716,535} \sqrt{\frac{2 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 5139,055 \times 1343,36}{2}} \\ &= 298706,81 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$I_w = \frac{I_y h^2}{2} = \frac{1320226,8 \times 68,6^2}{2} = 3106467256$$

$$X_2 = 4 \left[\frac{S_x}{G.J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y}$$

$$I_w = \frac{I_y h^2}{2} = \frac{1320226,8 \times 68,6^2}{2} = 3106467256$$

$$X_2 = 4 \left[\frac{S_x}{G.J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \left[\frac{24716,535}{8 \times 10^5 \cdot 5139,055} \right]^2 \times \frac{3106467256}{1320226,8}$$

$$= 3,402 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$= 4100 - 700 = 3400 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_r = i_y \left[\frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + X_2 f_L^2)}} \dots \dots \dots (\text{LRFD 8.3.3})$$

$$= 31,35 \left[\frac{298706,81}{3400} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + (3,402 \times 10^{-7}) 3400^2)}}$$

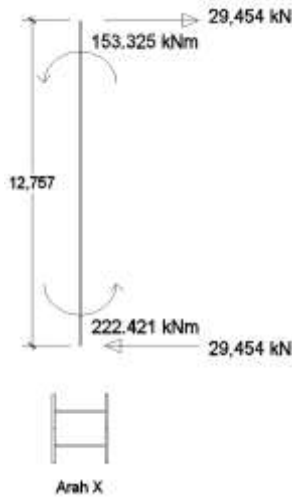
$$= 4943,075 \text{ cm}$$

Karena $L > L_r$ dan penampang kompak, maka:

$$M_{nx} = M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 40300,8 \times 4100$$

$$= 165233280 \text{ kgcm} \rightarrow 16523,33 \text{ kNm}$$



Gambar 7. 32 Gaya Momen dan Aksi Arah sumbu x

$$V = \frac{M_1 + M_2}{L} = \frac{153,325 + 222,421}{12,757} = 29,454 \text{ kN}$$

$$M_a = V \times \frac{L}{4} - M_1 = 29,454 \times \frac{12,757}{4} - 153,325 = -59,389 \text{ kNm}$$

$$M_b = V \times \frac{L}{2} - M_2 = 29,454 \times \frac{12,757}{2} - 222,421 = -34,549 \text{ kNm}$$

$$M_c = V \times \frac{3}{4}L - M_2 = 29,454 \times \left(\frac{3}{4} \times 12,757 \right) - 222,421 = 59,387 \text{ kNm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{Max}}}{2,5 M_{\text{Max}} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} < 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 222,421}{(2,5 \times 222,421) + (3 \times 59,389) + (4 \times 34,549) + (3 \times 59,387)} < 2,3$$

$$C_b = 2,64 > 2,3 \text{ digunakan } 2,3$$

$$M_n = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\lambda \cdot E}{L} \right)^2 \cdot I_y \cdot I_w}$$

$$= 2,3 \frac{\pi}{1275,7} \sqrt{2 \times 10^6 \cdot 1320226,8 \cdot 8 \times 10^5 \cdot 5139,055 + \left(\frac{\pi \cdot 2 \times 10^6}{1275,7} \right)^2 \cdot 1320226,8 \cdot 3106467256} < M_p$$

$$= 590688801,2 \text{ kgcm} = 59068,88 \text{ kNm} > M_p = 16523,33 \text{ kNm}$$

Maka, digunakan $M_n = M_p = 16523,33 \text{ kNm}$

Karena $M_{nx} = 11379,46 \text{ kNm} < M_p = 16523,33 \text{ kNm}$, maka digunakan $M_{nx} = 11379,46 \text{ kNm}$.

o Kontrol Interaksi Kolom (SNI 1729-2015 ps. H1)

$$P_r = P_u = 11030,651 \text{ kN}$$

$$P_c = \phi P_n = 46650,75 \text{ kN}$$

$$M_{rx} = M_{ux} = 222,421 \text{ kNm}$$

$$M_{cx} = \Phi \cdot M_{nx} = 14044,3 \text{ kNm}$$

$$M_{ry} = M_{uy} = 322,524 \text{ kNm}$$

$$M_{cy} = \Phi \cdot M_{ny} = 13847,86 \text{ kNm}$$

$$\frac{P_r}{P_c} > 0,2 = \frac{11030,651}{46650,75} > 0,2$$

$$0,236 > 0,2 \rightarrow \text{Rumus 1}$$

Rumus 1 : (SNI 1729-2015 ps. H1.a)

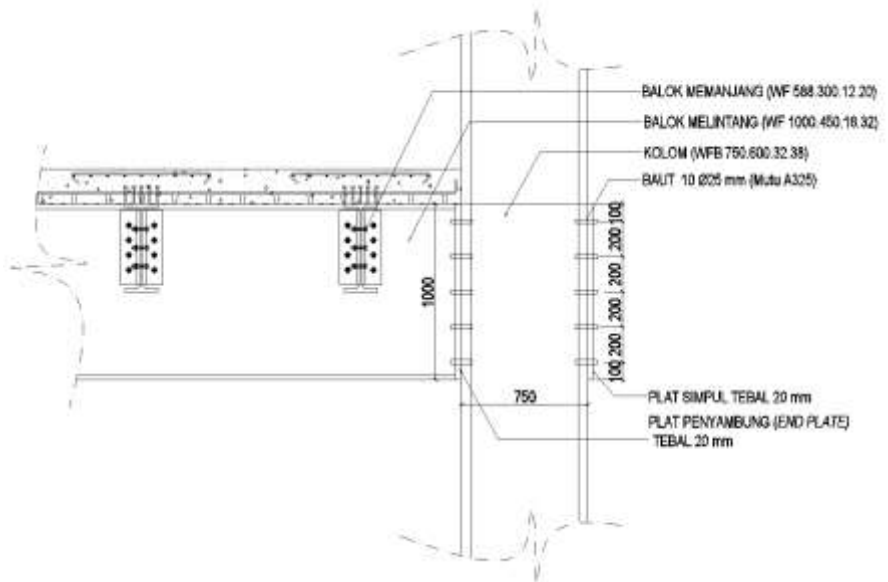
$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{11030,651}{46650,75} + \frac{8}{9} \left(\frac{222,421}{14044,3} + \frac{322,524}{13847,86} \right) \leq 1,0$$

Didapatkan $0,27 < 1,0 \rightarrow \text{Ok}$

Dari perhitungan kontrol diatas disimpulkan bahwa konstruksi portal tersebut kuat dengan profil WFB 750.600.32.38 sebagai kolom dan profil WF 1000.450.16.32 sebagai balok.

7.6. Kontrol Sambungan Portal (Balok ke Kolom)



Gambar 7. 33 Sambungan Antar Balok dan Kolom

Data Perencanaan :

- $V_u = 1269,452 \text{ kN}$
- $M_u = 2567,095 \text{ kNm}$
- Baut (A325) = $\varnothing 25 \text{ mm}$
- Tebal Plat Penyambung = 20 mm

Kekuatan masing-masing baut:

$$V_{u1 \text{ Baut}} = \frac{V_u}{n} = \frac{1269,452}{10} = 126,945 \text{ kN}$$

Kekuatan Geser baut:

$$\begin{aligned}\phi_f V_n &= \phi_f \times r_l \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,5^2 \right) \times 1 \\ &= 15178,711 \text{ kg} = 151,79 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_{u1 \text{ Baut}} < \phi V_n \rightarrow \text{Ok}$$

Kekuatan Tarik baut:

$$\begin{aligned}\phi_f T_n &= \phi_f \times 0,75 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,5^2 \right) \\ &= 23690,80 \text{ kg} = 236,91 \text{ kN}\end{aligned}$$

Menentukan Besar Gaya Tarik Td

$$\begin{aligned}f_{uv} &= \frac{V_u}{A_b} = \frac{12694,5}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,5^2 \right)} \\ &= 2587,41 \text{ kg/cm}^2 \\ f_t &= 8070 - (1,5 f_{uv}) \leq f_{u_b} \\ &= 8070 - (1,5 \times 2587,4) \leq f_{u_b} \\ &= 4188,90 \text{ kg/cm}^2 \leq 8250 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Ok}\end{aligned}$$

$$\text{Maka : } f_t = 7681,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 T_d &= \phi_f \times f_t \times A_b \\
 &= 0,75 \times 4188,90 \times \left(\frac{1}{4} \pi 2,5^2 \right) \\
 &= 15413,843 \text{ kg} \\
 &= 154,138 \text{ kN} < \phi_f T_n = 236,91 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok} \\
 a &= \frac{\sum T_d}{b \times f_{yb}} = \frac{10 \times 15413,8}{75 \times 5850} = 0,35 \text{ cm} \\
 \phi M_n &= \frac{0,9 \times f_{yb} \times a^2 \times b}{2} + \sum d \cdot T_d \\
 &= \left[\left(\frac{0,9 \times 5850 \times 0,35^2 \times 75}{2} \right) + \right. \\
 &\quad \left. \left[(10 \cdot (10+30+50+70+90)) \cdot 15413,8 \right] \right] \\
 &= 38558686,10 \text{ kg cm} = 3855,87 \text{ kNm} \\
 M_u &< \phi M_n \\
 2253,95 \text{ kNm} &< 3855,87 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

7.7. Batang Tarik Busur (*Tie Beam*)

Beban yang bekerja pada batang tarik diperoleh dari analisa SAP 2000 sebagai berikut:

- $P_u = 6705,42 \text{ kN}$ (Komb. Kuat I)
- $M_{uy} = 552,125 \text{ kNm}$ (Komb. Kuat I)
- $M_{uz} = 28,05 \text{ kNm}$ (Komb. Kuat II)
- $V_{uy} = 37,159 \text{ kN}$ (Komb. Kuat I)
- $V_{uz} = 12,253 \text{ kN}$ (Komb. Kuat II)
- $T_u = 0,26 \text{ kNm}$ (Komb. Kuat II)

digunakan profil WF 1100.500.22.28 dengan mutu BJ-55

$$A = 509,68 \text{ cm}^2$$

$$h = 1044 \text{ mm}$$

$$d = 110 \text{ mm}$$

$$b_f = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 28 \text{ mm}$$

$$t_w = 22 \text{ mm}$$

$$i_x = 44,58 \text{ cm}$$

$$i_y = 10,707 \text{ cm}$$

$$I_x = 1013225,5 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 58425,97 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 18422,282 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 2337,039 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 21002,648 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 3626,324 \text{ cm}^3$$

Panjang Tekuk:

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 800 = 800 \text{ cm}$$

- o Kontrol Batang Tarik : (SNI 1729:2015 ps. D3)

$$\lambda_{\max} = \frac{L_{kx}}{i_{\min}} = \frac{800}{10,707} = 74,72 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh:

$$\phi P_n = \phi \times A_g \times f_y$$

$$= 0,9 \times 509,68 \times 4100$$

$$= 1880719,2 \text{ kg} \rightarrow 18807,192 \text{ kN}$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$6705,42 \text{ kN} < 18807,192 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 509,68 - 2,2 \times (2,5 + 0,15) = 503,85 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 433,228 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{26,1}{800} = 0,967$$

$$A_e = u \times A_n = 0,967 \times 433,228 = 418,93 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 418,93 \\ &= 1728086,25 \text{ kg} \rightarrow 17280,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$6705,42 \text{ kN} < 17280,86 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

o Kontrol Lentur : (SNI 1729-2015 Tabel B4.1)

Badan :

Sayap :

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{1044}{22} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$\frac{500}{2,28} \leq \frac{170}{\sqrt{410}}$$

$$47,45 \leq 82,97 \dots \text{Ok}$$

$$8,93 \leq 8,39 \dots \text{Ok}$$

Jadi : Penampang Kompak $\rightarrow M_n = M_p$

Berdasarkan SNI 1729-2015 F7.1 , maka:

$$\begin{aligned} M_{n_y} &= Z_x \cdot f_y \\ &= 21002,648 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 86110856,8 \text{ kgcm} = 8611,085 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{u_y} < \Phi \cdot M_n$$

$$552,125 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 8611,085 \text{ kNm}$$

$$552,125 \text{ kNm} < 7749,98 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{n_z} &= Z_y \cdot f_y \\ &= 3626,324 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14867928,4 \text{ kgcm} = 1486,79 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{u_z} < \Phi \cdot M_n$$

$$28,05 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 1486,79 \text{ kNm}$$

$$28,05 \text{ kNm} < 1338,11 \text{ kNm}$$

Penampang box tersebut masih mampu menahan gaya lentur yang terjadi.

o Kontrol Geser : (SNI 1729-2015 ps. G2)

$$\text{Arah } z = K_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(250/1044)^2} = 92,2$$

$$\frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\frac{1044}{22} < 1,10 \sqrt{\frac{92,2 \cdot 200000}{410}} \rightarrow C_v = 1$$

$$47,46 < 233,28$$

$$\begin{aligned} V_{n_z} &= 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \cdot 410 \cdot (1044 \times 22) \cdot 1 = 5650128 \text{ N} \\ &= 5650,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_T V_{n_z} &= 0,9 V_n \\ &= 0,9 \cdot 5650,13 \end{aligned}$$

$$= 5085,11 \text{ kN} > 12,253 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{Arah } y = K_v = 5 + \frac{5}{(a/b)^2} = 5 + \frac{5}{(2 \times (375/500))^2} = 8,33$$

$$\frac{b}{2t_f} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\frac{500}{56} < 1,10 \sqrt{\frac{8,33 \cdot 200000}{410}} \rightarrow C_v = 1$$

$$8,93 < 70,119$$

$$V_{n_y} = 0,6 f_y \cdot A_f \cdot C_v$$

$$= 0,6 \cdot 410 \cdot (500 \times 28) \cdot 1 = 3444000 \text{ N}$$

$$= 3444 \text{ kN}$$

$$\phi_T V_{n_y} = 0,9 V_n$$

$$= 0,9 \cdot 3444$$

$$= 3099,6 \text{ kN} > 37,159 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

o Kontrol Torsi : (SNI 1729-2015 ps. F2.2)

$$L_b = 800 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 10,707 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 416,201 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_t \frac{E}{F_L} \sqrt{\frac{J}{S_x h} + \sqrt{\left(\frac{J}{S_x h}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{F_L}{E}\right)^2}}$$

$$J = \frac{1}{3} \left[2(500)(28)^3 + 1044.(22)^3 \right] = 11022837,33 \text{ mm}^4$$

$$F_L = 0,7 f_y = 287 \text{ MPa}$$

$$r_t = \frac{500}{\sqrt{12 \left(\frac{1100}{1044} + \frac{1}{6} \times \frac{1100 \cdot 22}{500 \cdot 28} \times \frac{1100^2}{1100 \cdot 1044} \right)}} = 123,897 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 \times 123,897 \times$$

$$\frac{200000}{287} \sqrt{\frac{11022837,33}{18422282 \cdot 1100} + \sqrt{\left(\frac{11022837,33}{18422282 \cdot 1100} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{287}{200000} \right)^2}}$$

$$L_r = 11,0587 \text{ m}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

Didapatkan dari SAP 2000:

$$M_{\max} = 514,87 \text{ kNm}$$

$$M_A = 190,068 \text{ kNm}$$

$$M_B = 123,76 \text{ kNm}$$

$$M_C = 510,78 \text{ kNm}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 514,87}{2,5 \cdot 514,87 + 3 \cdot 190,068 + 4 \cdot 123,76 + 3 \cdot 510,78}$$

$$C_b = 1,66$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 21002,648 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 86110856,8 \text{ kgcm} = 8611,085 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] < M_p$$

$$M_n = 1,66 \left[\left(\frac{8 - 4,162}{11,059 - 4,162} \right) \cdot \left[8611,085 - (8611,085 - (0,7 \cdot 0,41 \cdot 0,0184)) \right] \right]$$

$$M_n = 6339,95 \text{ kNm} < M_p = 8611,085 \text{ kNm}$$

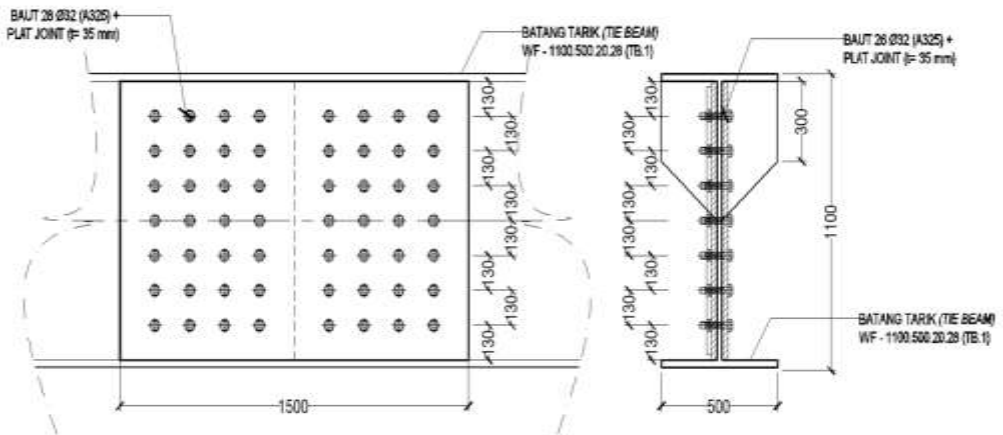
Maka digunakan $M_n = 6339,95 \text{ kNm}$

$$\phi T_c = 0,9 M_n = 5705,95 \text{ kNm}$$

$$\phi T_c > T_u$$

$$5702,95 \text{ kNm} > 0,26 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}$$

7.8. Cek Sambungan Tie Beam



Gambar 7. 34 Sambungan Antar Tie Beam

Output dari SAP 200 adalah :

- $N_{ux} = 6705,42 \text{ kN}$
- $M_{uy} = 552,125 \text{ kNm}$; $M_{uz} = 28,05 \text{ kNm}$
- $V_{uy} = 37,159 \text{ kN}$; $V_{uz} = 12,253 \text{ kN}$
- $T_u = 0,26 \text{ kNm}$

$$\text{Rasio Badan } (\beta) = \frac{H}{B+H} = \frac{1,1}{0,5+1,1} = 0,69$$

$$\text{Rasio Sayap } (\alpha) = \frac{B}{B+H} = \frac{0,5}{0,5+1,1} = 0,31$$

Dari gaya-gaya yang bekerja pada profil WF 1100.300.20.25 tersebut diubah ke gaya gesek, maka perhitungannya sebagai berikut:

- Sumbu X:

$$N_u = N_u = 6705,42$$

$$N_{u_{Sayap}} = \frac{M_{u_y}}{H} = \frac{552,125 \text{ kNm}}{1,1 \text{ m}} = 501,932 \text{ kN}$$

$$N_{u_{Badan}} = \frac{M_{u_z}}{B} = \frac{28,05 \text{ kNm}}{0,5 \text{ m}} = 56,10 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{Badan} &= N_u \cdot \beta + N_{u_{Badan}} \\ &= (6705,42 \cdot 0,69) + 56,10 \text{ kN} \\ &= 4682,84 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{Sayap} &= N_u \cdot \alpha + N_{u_{Sayap}} \\ &= (6705,42 \cdot 0,31) + 501,932 \text{ kN} \\ &= 2580,61 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Sumbu Y:

$$V_{uy} = 37,159 \text{ kN}$$

$$\frac{T_u}{H} \alpha = \frac{0,26 \text{ kNm}}{1,1 \text{ m}} \cdot 0,31 = 0,073 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, Gaya Arah Y} &= 37,159 + 0,073 \\ &= 37,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Sumbu Z:

$$V_{uz} = 12,253 \text{ kN}$$

$$\frac{T_u}{B} \beta = \frac{0,26 \text{ kNm}}{0,5 \text{ m}} \cdot 0,69 = 0,36 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, Gaya Arah Z} &= 12,253 + 0,36 \\ &= 12,61 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Resultan Gaya yang Bekerja:

Gaya pada Sayap :

$$\begin{aligned} V_{u_{Sayap}} &= \sqrt{(X_{Sayap})^2 + Y^2} \\ &= \sqrt{(2580,61)^2 + 37,23^2} = 2580,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya pada Badan :

$$\begin{aligned} V_{u_{Badan}} &= \sqrt{(X_{Badan})^2 + Z^2} \\ &= \sqrt{4682,84^2 + 12,61^2} = 4682,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

Data perencanaan :

- Baut (A325) = Ø25 mm → *Proof Stress* = 585 Mpa
- Profil = WF 1100.300.20.28
- Tebal Plat Penyambung = 25 mm

Perhitungan Baut Tipe Gesek (*Friksi*):

- Jarak antar Baut : $3db < s < 15Tp$
 $75 < 150 < 375 \rightarrow$ digunakan $s = 150 \text{ mm}$
- Jarak antar Baut ke Tepi : $1,5db < s < 12Tp$
 $37,5 < 100 < 300 \rightarrow$ digunakan $s = 100 \text{ mm}$
- Lubang Baut = $db + 1,5 \text{ mm}$
 $25 + 1,5 \text{ mm} = 26,5 \text{ mm}$

- Proof Load :

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress} \\ &= 490,625 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa} \\ &= 215261,72 \text{ N} \rightarrow 215,262 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Bidang Geser (m) = 2
- Koef. Plat Bersih (μ) = 0,35

- Lubang Standar (Φ) = 1

Rumus Baut Tipe Gesek:

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 215,262 \text{ kN} = 170,272 \text{ kN} \\ V_d &= \Phi \cdot V_h \\ &= 1 \cdot 170,272 \text{ kN} = 170,272 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pada Penampang ini di desain sambungan baut di badan dan dibagian sayap menggunakan Las.

$$n \text{ baut Badan} = \frac{V_{u_{\text{Badan}}}}{V_n} = \frac{4682,86 \text{ kN}}{170,272 \text{ kN}} = 27,5 \rightarrow 28 \text{ baut}$$

$$V_{n_{\text{Badan}}} = 28 \times 170,272 = 4767,62 \text{ kN} > V_{u_{\text{Badan}}} = 4682,86 \text{ kN}$$

Kontrol Plat Penyambung:

Digunakan penyambung plat tebal 25 mm yang digapit pada plat badan *tie beam*.

- Luas Geser (A_{nv}) $= (L - n d_l) t_p$
 $= (150 - 28 \cdot 2,65) 2,5$
 $= 189,5 \text{ cm}^2$
- Kuat Rencana (ΦP_n) $= \Phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$
 $= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 550 \cdot 189,5 \cdot 10^2$
 $= 4690125 \text{ N} = 4690,125 \text{ kN}$

Karena digapit oleh 2 plat, maka:

$$V_u = 2580,88 \text{ kN} < n \Phi P_n = 2 \times 4690,125 = 9380,25 \text{ kN}$$

Kontrol Sambungan Las:

Pada perhitungan ini diambil gaya pada badan karena dilas sisi sayap penampang, yaitu $Vu_{\text{Badan}} = 5136,43 \text{ kN}$

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = tp - 1,6 = 38 - 1,6 = 36,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$\phi Rn_{\text{Perlu}} = \frac{Vu_{\text{Sayap}}}{A} = \frac{2580,88 \times 1000}{1 \times 2 \times (1800 \text{ mm})} = 716,91 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\begin{aligned} \phi Rn_w &= \phi \cdot te (0,60 \cdot fuw) \rightarrow \text{mutu las } fuw = 490 \text{ Mpa} \\ &= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a \end{aligned}$$

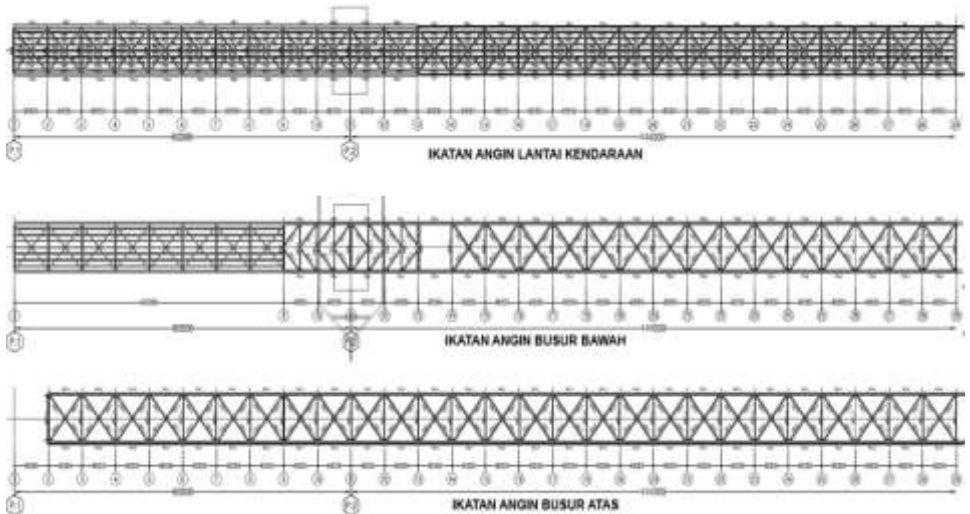
$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi Rn_{\text{Perlu}}}{\phi Rn} = \frac{716,91}{155,89 a} = 4,59 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$

BAB VIII PERENCANAAN IKATAN ANGIN

8.1. Ikatan Angin

Ikatan angin dipasang berbentuk X, dimana ikatan angin pada busur atas, busur bawah dan ikatan angin kendaraan memiliki bentuk yang sama. Pada ikatan angin busur menggunakan profil penampang berbentuk lingkaran agar lebih efisien dan pada ikatan angin lantai kendaraan menggunakan profil *double siku*.



Gambar 8. 1 Ikatan Angin Tinjauan $\frac{1}{2}$ Bentang Jembatan

Beban angin diasumsikan menjadi beban merata pada rangka busur yang disesuaikan pada tinggi penampangnnya.

8.1.1. Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Atas

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan angin busur atas (IKA29).

Profil yang digunakan : Ø 12" dan tebal 10,31 mm

$$A = 101,54 \text{ cm}^2$$

$$\varnothing = 323,8 \text{ mm}$$

$$t = 10,31 \text{ mm}$$

$$L = 12,64 \text{ m}$$

$$i_x = 11,09 \text{ cm}$$

$$i_y = 11,09 \text{ cm}$$

$$I_x = 12487,029 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 12487,029 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 771,280 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 771,280 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 1013,591 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1013,591 \text{ cm}^3$$

- Cek Penampang: (SNI 1729:2015 ps. B4. 2)

$$\frac{D}{t} = \frac{323,8}{10,31} = 31,406$$

$$\lambda_R = 0,31 \frac{E}{f_y} = 0,31 \times \frac{200000}{410} = 151,22$$

Karena $D/t > \lambda_R$ maka penampang kompak.

- Kontrol Untuk Batang Tekan: (SNI 1729:2015 ps. E3)

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 522,165 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat I})$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{K.L_{x=y}}{i_{x=y}} = \frac{1264}{11,09} = 113,98 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 104,026$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{113,98^2} = 151,786 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 0,877 \times 151,786 = 133,12 \text{ MPa}$$

- Kekuatan Nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times F_{cr} = 10154 \times 133,12 \\ &= 41351700,48 \text{ N} \rightarrow 1351,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kekuatan Rencana :

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 0,85 \times 1351,7 = 1148,94 \text{ kN} \\ N_u &= 522,165 \text{ kN} < \phi N_n = 1148,94 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

- Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3)

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 522,165 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat I})$$

Panjang Tekuk :

$$L = 1264 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 1264 = 1264 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{x=y}} = \frac{1264}{11,09} = 113,98 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$N_n = \phi \times A_g \times f_y$$

$$= 0,9 \times 101,54 \times 4100$$

$$= 374682,6 \text{ kg}$$

$$N_n = 3746,83 \text{ kN} > N_u = 522,165 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 101,54 - (2 \times 2,0 \times 1,031) = 97,416 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 86,31 \text{ cm}^2$$

$$L > 1,3 D \rightarrow u = 1$$

$$A_e = u \times A_n = 1 \times 86,31 = 86,31 \text{ cm}^2$$

$$\phi N_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 86,31$$

$$= 356028,75 \text{ kg} \rightarrow 3560,28 \text{ kN}$$

$$\phi N_n = 3560,28 \text{ kN} > N_u = 522,165 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

• Kontrol Sambungan Baut:

$$P_u = 427,80 \text{ kN}$$

Direncanakan :

$$\text{Baut (A325)} = \varnothing 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat Penyambung} = 20 \text{ mm (BJ55)}$$

- Kontrol Kekuatan Geser :

$$\phi V_d = \phi \times r_l \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,0^2 \right) \times 1$$

$$= 9714,37 \text{ kg} = 97,144 \text{ kN}$$

- Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 2,0 \times 5500 \\ &= 39600 \text{ kg} = 396 \text{ kN}\end{aligned}$$

Digunakan $V_d = 97,144 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut } (n) = \frac{P_u}{V_d} = \frac{522,16}{97,144} = 5,37 \rightarrow 6 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 d_b < S < 1,5 t_p$$

$$1,5 d_b < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka,

$$60 < 80 < 300$$

$$30 < 50 < 180$$

- Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$\phi R_{n \text{ Perlu}} = \frac{P_u}{A} = \frac{522160}{1 \times \pi \times 323,8} = 513,57 \text{ N/mm}$$

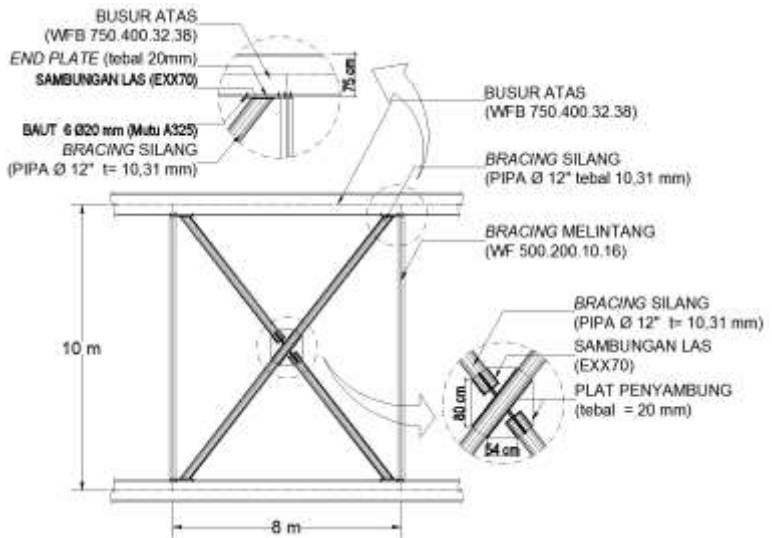
Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_{n \text{ Perlu}}}{\phi R_n} = \frac{513,7}{155,89 a} = 3,29 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

digunakan tebal las (a) = 6 mm



Gambar 8. 2 Model Sambungan Ikatan Angin Busur Atas dengan batang (IKA 29)

8.1.2. Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Bawah

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan angin busur atas (IKB 14)

Profil yang digunakan : Ø 18" dan tebal 7,92 mm

$$A = 111,787 \text{ cm}^2$$

$$\varnothing = 457,2 \text{ mm}$$

$$t = 7,92 \text{ mm}$$

$$L = 13,604 \text{ m}$$

$$i_x = 15,887 \text{ cm}$$

$$i_y = 15,887 \text{ cm}$$

$$I_x = 28214,429 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 28214,429 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 1234,227 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 1234,227 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 1598,837 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1598,837 \text{ cm}^3$$

- Kontrol Sebagai Batang Tekan: (SNI 1729:2015 ps. E3)

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$Nu = 1326,177 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat III})$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{K.L_{x=y}}{i_{x=y}} = \frac{1360,4}{15,887} = 85,63 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 104,026$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{85,63^2} = 269,22 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{f_y}{F_e}} \right] f_y = \left[0,658^{\frac{410}{269,22}} \right] 410 = 216,74 \text{ MPa}$$

- Kekuatan Nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times F_{cr} = 11178,7 \times 216,74 \\ &= 2422871,44 \text{ N} \rightarrow 2422,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 2639,179 = 2243,30 \text{ kN}$$

$$Nu = 1326,177 \text{ kN} < \phi N_n = 2243,30 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3)

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$Nu = 1326,177 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat III})$$

Panjang Tekuk :

$$L = 1360,4 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 1360,4 = 1360,4 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{x=y}} = \frac{1360,4}{15,887} = 85,63 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 111,787 \times 4100 \\ &= 412494,03 \text{ kg} = 4124,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_n > N_u$$

$$4124,94 \text{ kN} > 1326,177 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 111,787 - (2 \times 2,0 \times 0,792) = 108,62 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 95,019 \text{ cm}^2$$

$$L > 1,3 D \rightarrow u = 1$$

$$A_e = u \times A_n = 1 \times 95,019 = 95,019 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 95,019 \\ &= 391953,37 \text{ kg} \rightarrow 3919,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_n > N_u$$

$$3919,53 \text{ kN} > 1326,177 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sambungan Baut:

$$P_u = 1326,177 \text{ kN}$$

Direncanakan :

Baut (A325) = Ø29 mm

Tebal Plat Penyambung = 20 mm (BJ55)

- Kontrol Kekuatan Geser :

$$\begin{aligned}\phi V_d &= \phi \times r_l \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,9^2 \right) \times 1 \\ &= 20424,47 \text{ kg} = 204,24 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,9 \times 2,0 \times 5500 \\ &= 57420 \text{ kg} = 574,20 \text{ kN}\end{aligned}$$

Digunakan $V_d = 204,24 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut } (n) = \frac{P_u}{V_d} = \frac{1326,177}{204,24} = 6,49 \rightarrow 8 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 d_b < S < 1,5 t_p$$

$$87 < 90 < 300$$

$$1,5 d_b < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$43,5 < 50 < 180$$

- Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

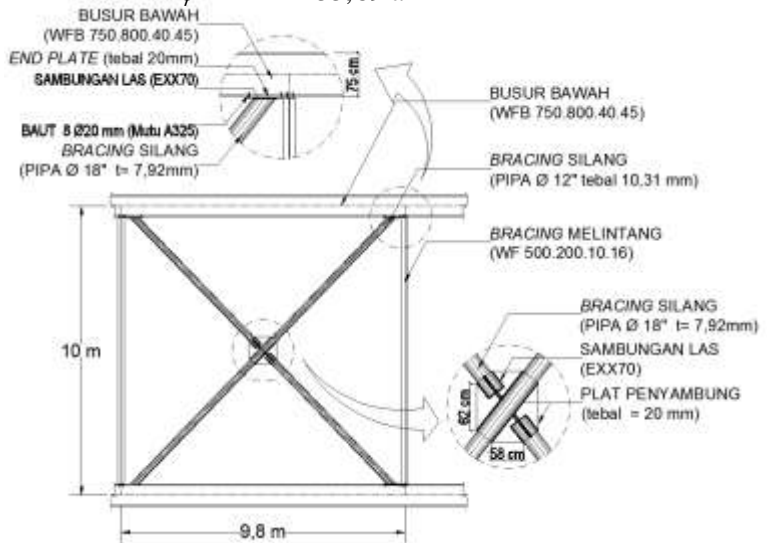
$$\phi R_{n \text{ Perlu}} = \frac{P_u}{A} = \frac{1326177}{1 \times \pi 457,2} = 923,8 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_n \text{ Perlu}}{\phi R_n} = \frac{923,8}{155,89 a} = 5,92 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$



Gambar 8. 3 Model Sambungan Ikatan Angin Busur Bawah dengan batang (IKB 14)

8.1.3. Ikatan Angin Pada Lantai Kendaraan

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan angin lantai kendaraan di tengah bentang (LK 29)

Profil yang digunakan : 2L 150.150.15

$$A = 85,5 \text{ cm}^2$$

$$d = 150 \text{ mm}$$

$$b = 312 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$i_x = 4,617 \text{ cm}$$

$$i_y = 6,734 \text{ cm}$$

$$I_x = 1822,54 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 3877,60 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 24170,373 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 246,564 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 306,956 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 419,175 \text{ cm}^3$$

- Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 227,913 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat I})$$

Panjang Tekuk :

$$L = 1280 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 12,80 = 1280 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{\min}} = \frac{1280}{4,617} = 277,24 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$N_n = \phi \times A_g \times f_y$$

$$= 0,9 \times 85,5 \times 4100$$

$$= 315495 \text{ kg} = 3154,95 \text{ kN}$$

$$N_n > N_u$$

$$3154,95 \text{ kN} > 227,913 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 85,5 - (2 \times 1,5 \times (2,0 + 0,15)) = 79,05 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 72,675 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{8,25}{1280} = 0,993$$

$$A_e = u \times A_n = 0,993 \times 72,675 = 72,17 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 72,17 \\ &= 297701,25 \text{ kg} \rightarrow 2977,01 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$N_n > N_u$$

$$2977,01 \text{ kN} > 227,913 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sambungan

Data perencanaan:

Baut (A325) = Ø20 mm \rightarrow *Proof Stress* = 585 Mpa

Tebal Plat Penyambung = 20 mm

- Sambungan Baut

Perhitungan Baut Tipe Gesek (*Friksi*):

Jarak antar Baut : $3d_b < s < 15T_p$

$60 < 100 < 300 \rightarrow$ digunakan $s = 100 \text{ mm}$

Jarak antar Baut ke Tepi : $1,5d_b < s < 12T_p$

$30 < 50 < 240 \rightarrow$ digunakan $s = 100 \text{ mm}$

Lubang Baut = $d_b + 1,5 \text{ mm}$

$20 + 1,5 \text{ mm} = 21,5 \text{ mm}$

Proof Load :

$$\begin{aligned}T_b &= A_b \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress} \\ &= 200,96 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa} \\ &= 137767,5 \text{ N} \rightarrow 137,77 \text{ kN}\end{aligned}$$

Bidang Geser (m) = 2

Koef. Plat Bersih (μ) = 0,35

Lubang Standar (ϕ) = 1

Rumus Baut Tipe Gesek:

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 137,77 \text{ kN} \\ &= 108,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi \cdot V_h \\ &= 1 \cdot 108,98 \text{ kN} = 108,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$n \text{ baut} = \frac{V_u}{V_n} = \frac{227,913 \text{ kN}}{108,98 \text{ kN}} = 2,091 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

$$V_u = 227,913 \text{ kN} < n \cdot V_d = 4 \cdot 108,98 = 435,92 \text{ kN}$$

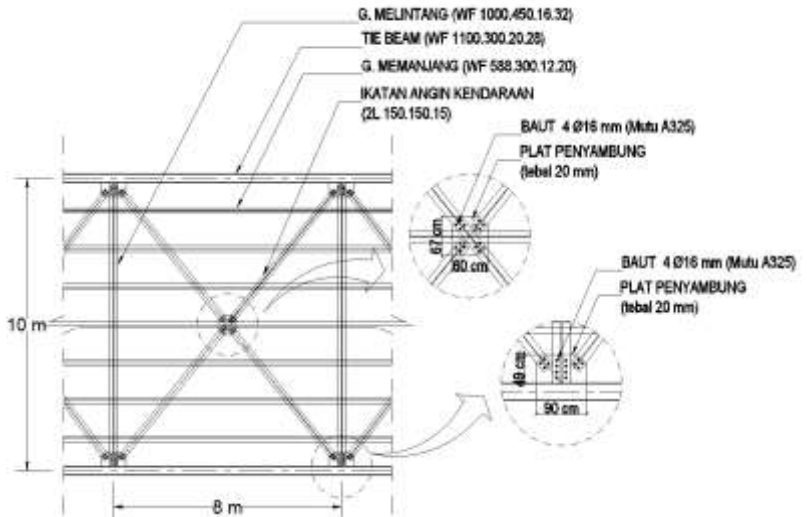
- Kontrol Plat Penyambung

Digunakan penyambung plat tebal 20 mm yang dipasang pada sayap balok melintang.

$$\begin{aligned} \text{Luas Geser (Anv)} &= (L - n \cdot d_l) \cdot t_p \\ &= (30 - 4 \cdot 2,15) \cdot 2 \\ &= 42,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Rencana } (\phi P_n) &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \cdot 42,8 \cdot 10^2 \\ &= 7989660 \text{ N} = 789,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

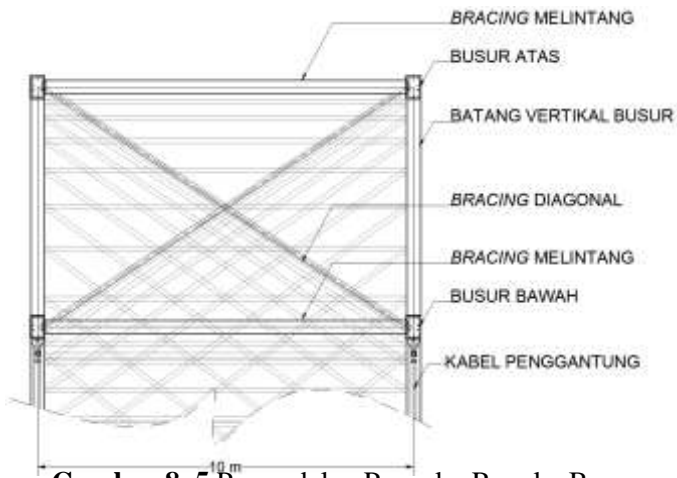
$$V_u = 227,913 \text{ kN} < \phi P_n = 789,66 \text{ kN} \text{ ..Ok}$$



Gambar 8. 4 Model Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan dengan batang (LK29)

8.2. Pengaku Rangka Busur (*Bracing*)

Pada perencanaan *Bracing* ini, profil yang digunakan WF untuk *bracing* melintang dan Silinder untuk *bracing* silang. Untuk lebih jelasnya seperti Gambar 8.5.



Gambar 8. 5 Permodelan Pengaku Rangka Busur

8.2.1. *Bracing Melintang (WF 500.200.10.16)*

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada *bracing* melintang di tengah bentang batang (BM29)

Profil yang digunakan : WF 500.200.10.16

$$A = 110,8 \text{ cm}^2 \qquad d = 500 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm} \qquad t_f = 16 \text{ mm}$$

$$t_w = 10 \text{ mm} \qquad h = 428 \text{ mm}$$

$$i_x = 20,384 \text{ cm} \qquad i_y = 4,392 \text{ cm}$$

$$I_x = 46036,55 \text{ cm}^4 \qquad I_y = 2137,23 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 1841,462 \text{ cm}^3 \qquad S_y = 213,723 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 2096,36 \text{ cm}^3 \qquad Z_y = 331,7 \text{ cm}^3$$

- Kontrol Sebagai Batang Tekan

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 184,078 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat III})$$

Kontrol Penampang :

Plat Sayap: (LRFD 7.6.4 tabel 7.5-1)

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{200}{2 \times 16} = 6,25 \\ \lambda_R &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow Ok$$

Plat Badan:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_R = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

Karena, $h/t_w < \lambda_R \rightarrow$ Plastis

Panjang tekuk:

$$L_{kx} = L_{ky} = 10,00 \text{ m}$$

- Kontrol Kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{1000}{20,384} = 49,058$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{1000}{4,392} = 227,687$$

maka, digunakan $\lambda = \lambda_y$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{227,687}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}} = 3,28$$

Untuk :

$$\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \times \lambda_c^2 = 12,34$$

- Kekuatan Nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{fy}{\omega} = 110,8 \times \frac{4100}{12,34} \\ &= 36813,62 \text{ kg} = 368,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 368,14 = 312,92 \text{ kN}$$

$$N_u < \phi N_n$$

$$184,078 \text{ kN} < 312,92 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 698,31 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat I})$$

Panjang Tekuk :

$$L = 10,00 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 10 = 10 \text{ m}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{\min}} = \frac{1000}{4,392} = 227,68 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$N_n = \phi \times A_g \times f_y$$

$$= 0,9 \times 110,8 \times 4100$$

$$= 408852 \text{ kg} = 4088,52 \text{ kN}$$

$$N_n > N_u$$

$$4088,52 \text{ kN} > 698,31 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 110,8 - (2 \times 1,0 \times (2,9 + 0,15)) = 104,7 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 94,18 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{12,5}{1000} = 0,987$$

$$A_e = u \times A_n = 0,987 \times 94,18 = 92,956 \text{ cm}^2$$

$$\phi N_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 92,956$$

$$= 383443,5 \text{ kg} \rightarrow 3834,435 \text{ kN}$$

$$\phi N_n = 3834,435 \text{ kN} > N_u = 698,31 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sambungan Baut:

$$P_u = 698,31 \text{ kN}$$

Direncanakan :

Baut (A325) = Ø29 mm

Tebal Plat Penyambung = 20 mm (BJ55)

- Kontrol Kekuatan Geser :

$$\phi V_d = \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,9^2 \right) \times 1$$

$$= 20424,47 \text{ kg} = 204,245 \text{ kN}$$

- Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\phi R_d = \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up}$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,9 \times 2,0 \times 5500$$

$$= 57420 \text{ kg} = 574,20 \text{ kN}$$

Digunakan $V_d = 204,245 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut } (n) = \frac{P_u}{V_d} = \frac{698,31}{204,245} = 3,42 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 \text{ db} < S < 15 \text{ tp}$$

$$1,5 \text{ db} < S_1 < 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka,

$$87 < 90 < 300$$

$$43,5 < 50 < 180$$

- Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$\phi R_{n \text{ Perlu}} = \frac{P_u}{A} = \frac{698310}{1 \times 2 \times (846 \text{ mm})} = 412,71 \text{ N/mm}$$

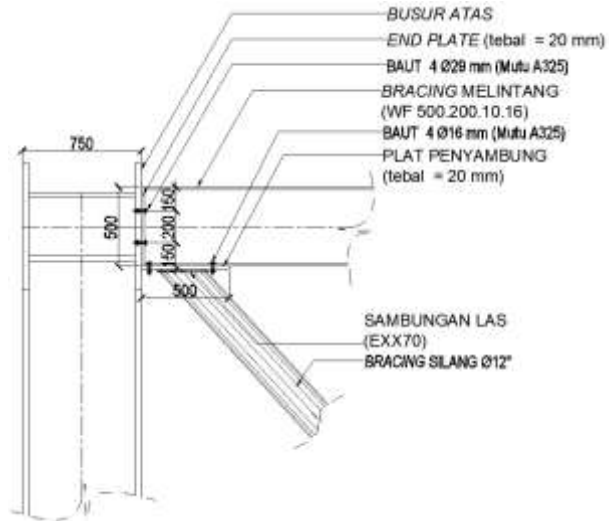
Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_{n \text{ Perlu}}}{\phi R_n} = \frac{412,71}{155,89 a} = 2,65 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$



Gambar 8. 6 Permodelan Sambungan *Bracing* Melintang batang (BM 29)

8.2.2. *Bracing* Silang

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan angin busur atas (IS 29), dikarenakan tipe ikatan angin bawah sama.

Profil yang digunakan : Ø 8" dan tebal 8,18 mm

$$A = 54,203 \text{ cm}^2$$

$$\varnothing = 219,1 \text{ mm}$$

$$t = 8,18 \text{ mm}$$

$$L = 14,28 \text{ m}$$

$$i_x = 7,463 \text{ cm}$$

$$i_y = 7,463 \text{ cm}$$

$$I_x = 3018,695 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 3018,695 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 275,554 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 275,554 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 364,09 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 364,09 \text{ cm}^3$$

- Kontrol Sebagai Batang Tekan: (SNI 1729:2015 ps. E3)

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$P_u = 166,12 \text{ kN (Komb. Kuat I)}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{K.L_{x=y}}{i_{x=y}} = \frac{1428}{7,463} = 191,344 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 104,026$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{191,344^2} = 53,914 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 0,877 \times 53,914 = 47,28 \text{ MPa}$$

- Kekuatan Nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times F_{cr} = 5420,3 \times 47,28 \\ &= 256271,78 \text{ N} \rightarrow 256,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 256,27 = 217,83 \text{ kN}$$

$$N_u < \phi N_n$$

$$166,12 \text{ kN} < 217,83 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3)

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$P_u = 166,12 \text{ kN (Komb. Kuat I)}$$

Panjang Tekuk :

$$L = 1428 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 1428 = 1428 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{x=y}} = \frac{1428}{7,463} = 191,34 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 54,203 \times 4100 \\ &= 200009,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N_n = 2000 \text{ kN} > N_u = 166,12 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 54,203 - (1 \times 0,818) = 53,385 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 46,07 \text{ cm}^2$$

$$L > 1,3 D \rightarrow u = 1$$

$$A_e = u \times A_n = 1 \times 54,203 = 54,203 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 54,203 \\ &= 223587,375 \text{ kg} \rightarrow 2235,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_n = 2235,87 \text{ kN} > N_u = 166,12 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sambungan Baut:

$$P_u = 165,778 \text{ kN}$$

Direncanakan :

Baut (A325) = Ø16 mm

Tebal Plat Penyambung = 20 mm (BJ55)

- Kontrol Kekuatan Geser :

$$\begin{aligned}\phi V_d &= \phi \times r_f \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 1,6^2 \right) \times 1 \\ &= 6217,2 \text{ kg} = 62,17 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 2,0 \times 5500 \\ &= 31680 \text{ kg} = 316,8 \text{ kN}\end{aligned}$$

Digunakan $V_d = 62,17 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut } (n) = \frac{P_u}{V_d} = \frac{166,12}{62,17} = 2,67 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

$$1,5 d_b < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka,

$$48 < 80 < 300$$

$$24 < 50 < 180$$

- Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$\phi R_{n \text{ Perlu}} = \frac{P_u}{A} = \frac{166120}{1 \times \pi \times 219,1} = 241,46 \text{ N/mm Kuat}$$

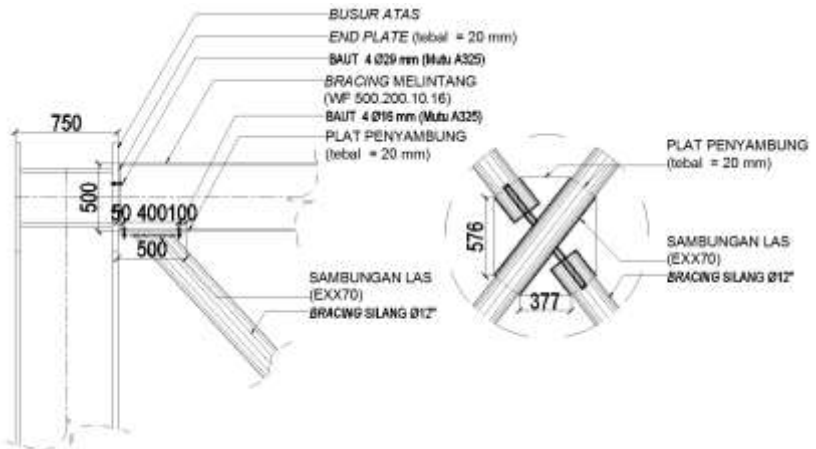
rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 \text{ a} \times 0,6 \times 490 = 155,89 \text{ a}$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_{n \text{ Perlu}}}{\phi R_n} = \frac{241,46}{155,89 \text{ a}} = 1,55 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$



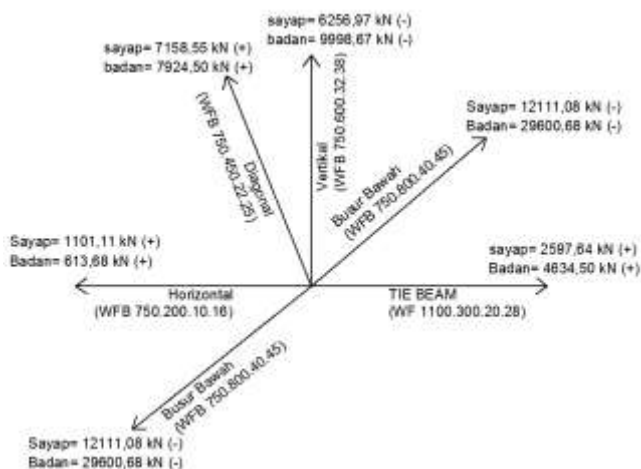
Gambar 8. 7 Permodelan Sambungan *Bracing Silang*
Batang (IS29)

BAB IX SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

Pada bab ini, yang disebut sambungan rangka utama adalah rangka busur pada sisi tengah bentang dan rangka biasa pada sisi samping. Pada titik simpul yang memiliki pertemuan batang yang banyak digunakan sambungan tipe A dikarenakan untuk memudahkan pekerjaan dilapangan. Sedangkan pada titik simpul yang memiliki pertemuan batang yang sedikit digunakan sambungan tipe B.

9.1. Sambungan Tipe A

Pada analisa perhitungan ini diambil contoh pada titik simpul (SB13) dimana menghubungkan busur bawah dengan batang tarik (Tie Beam).



Gambar 9. 1 Gaya aksial yang bekerja pada titik (SB 13)

Pada perhitungan ini hanya diambil pada batang busur bawah dengan profil WFB 750.800.40.45 dan selanjutnya pada tabel 9.3 dan tabel 9.4 merupakan hasil rekapitulasi gaya yang bekerja pada masing-masing batang. Untuk mencari gaya yang bekerja pada profil WFB750.800.40.45 sebagai berikut:

Output dari SAP 2000 adalah :

- $N_{ux} = 30015,129 \text{ kN}$
- $M_{uy} = 3945,32 \text{ kNm}$; $M_{uz} = 6855,452 \text{ kNm}$
- $V_{uy} = 1147,664 \text{ kN}$; $V_{uz} = 676,206 \text{ kN}$
- $T_u = 574,71 \text{ kNm}$

$$\text{Rasio Badan } (\beta) = \frac{H}{B+H} = \frac{1,6}{0,75+1,6} = 0,68$$

$$\text{Rasio Sayap } (\alpha) = \frac{B}{B+H} = \frac{0,75}{0,75+1,6} = 0,32$$

Dari gaya-gaya yang bekerja pada profil WFB 750.800.40.45 tersebut diubah ke gaya gesek, maka perhitungannya sebagai berikut:

- Sumbu X:

$$N_u = N_u = 30015,129 = 30015,129 \text{ kN}$$

$$N_{u_{\text{Sayap}}} = \frac{M_{u_y}}{H} = \frac{3945,32 \text{ kNm}}{1,6 \text{ m}} = 2465,83 \text{ kN}$$

$$N_{u_{\text{Badan}}} = \frac{M_{u_z}}{B} = \frac{6855,452 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} = 9140,603 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya } X_{\text{Badan}} &= Nu.\beta + Nu_{\text{Badan}} \\
 &= (30015,129 \cdot 0,68) + 9140,603 \text{ kN} \\
 &= 29550,89 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya } X_{\text{Sayap}} &= Nu.\alpha + Nu_{\text{Sayap}} \\
 &= (30015,129 \cdot 0,32) + 2465,83 \text{ kN} \\
 &= 12070,67 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Sumbu Y:

$$\begin{aligned}
 Vu_y &= 1147,664 \text{ kN} \\
 \frac{Tu}{H} \cdot \alpha &= \frac{574,71 \text{ kNm}}{1,6 \text{ m}} \cdot 0,32 = 114,942 \text{ kN} \\
 \text{Gaya Y} &= 1147,664 \text{ kN} + 114,942 \text{ kN} \\
 &= 1262,606 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Sumbu Z:

$$\begin{aligned}
 Vu_z &= 676,206 \text{ kN} \\
 \frac{Tu}{B} \cdot \beta &= \frac{574,71 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} \cdot 0,68 = 521,723 \text{ kN} \\
 \text{Gaya Arah Z} &= 676,206 \text{ kN} + 521,723 \text{ kN} \\
 &= 1197,929 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Resultan Gaya yang Bekerja:

Gaya pada Sayap :

$$\begin{aligned}
 Vu_{\text{Sayap}} &= \sqrt{(X_{\text{Sayap}})^2 + Y^2} \\
 &= \sqrt{(12070,67)^2 + 1262,606^2} = 12136,52 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya pada Badan :

$$V_{u_{Badan}} = \sqrt{(X_{Badan})^2 + Z^2}$$

$$= \sqrt{29550,89^2 + 1197,929^2} = 29575,16 \text{ kN}$$

- Data Perencanaan Baut:

Baut (A325) = Ø32 mm → $f_y = 585 \text{ Mpa}$; $f_u = 825 \text{ MPa}$

Tebal Plat Penyambung = 35 mm (BJ55)

Mutu Las = EXX70

Bidang Geser (m) = 2

Koef. Plat Bersih (μ) = 0,35

Lubang Standar (ϕ) = 1

Perhitungan Baut Tipe Gesek (Friksi):

Jarak antar Baut : $3db < s < 15Tp$

$96 < 150 < 525 \rightarrow$ digunakan $s = 150 \text{ mm}$

Jarak antar Baut ke Tepi : $1,5db < s < 12Tp$

$48 < 100 < 420 \rightarrow$ digunakan $s = 100 \text{ mm}$

Lubang Baut = $db + 1,5 \text{ mm} = 32 + 1,5 \text{ mm} = 33,5 \text{ mm}$

Proof Load :

$$T_b = A_b \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress}$$

$$= 804,25 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa}$$

$$= 352863,69 \text{ N} \rightarrow 352,86 \text{ kN}$$

$$V_h = 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 352,86 \text{ kN}$$

$$= 279,115 \text{ kN}$$

$$V_d = \phi \cdot V_h$$

$$= 1 \cdot 279,115 \text{ kN} = 279,115 \text{ kN}$$

Pada analisa contoh perhitungan ini ditinjau gaya yang terbesar pada titik simpul SB 13 yaitu batang busur bawah. Pada tabel 9.5 dan tabel 9.6 merupakan hasil akhir untuk seluruh batang. Berikut contoh perhitungannya:

$$n \text{ baut Sayap} = \frac{V_{u_{\text{Sayap}}}}{V_n} = \frac{12136,51 \text{ kN}}{279,115 \text{ kN}} = 43,48 \rightarrow 48 \text{ baut}$$

$$V_{n_{\text{Sayap}}} = 48 \times 279,115 = 13397,52 \text{ kN} > V_{u_{\text{Sayap}}} = 12136,51 \text{ kN}$$

$$n \text{ baut Badan} = \frac{V_{u_{\text{Badan}}}}{V_n} = \frac{29575,16 \text{ kN}}{279,115 \text{ kN}} = 105,96 \rightarrow 108 \text{ baut}$$

$$V_{n_{\text{Badan}}} = 108 \times 279,115 = 30144,42 \text{ kN} > V_{u_{\text{Badan}}} = 29575,16 \text{ kN}$$

Jadi, jumlah baut per sisi penampang adalah

$$n \text{ per sisi Sayap} = \frac{48}{2} = 24 \text{ Baut}$$

$$n \text{ per sisi Badan} = \frac{108}{2} = 54 \text{ Baut}$$

Kontrol Plat Penyambung:

Digunakan penyambung plat tebal 35 mm yang digapit pada profil. Pada perhitungan ini digunakan gaya yang terbesar pada titik simpul SB13, sehingga:

• Plat Sayap

$$\begin{aligned} - \text{ Luas Geser (Anv)} &= (L - n \text{ dl}) \cdot t_p \\ &= (1200 - 24 \cdot 33,5) \cdot 35 \\ &= 13860 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$- \text{ Kuat Rencana } (\phi P_n) = \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Anv$$

Kontrol Sambungan Las:

Pada perhitungan ini hanya diambil pada batang busur bawah dengan profil WFB 750.800.40.45 yang memiliki V_u total = 12136,51 + 29575,16 = 41711,67 kN

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 38 - 1,6 = 36,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

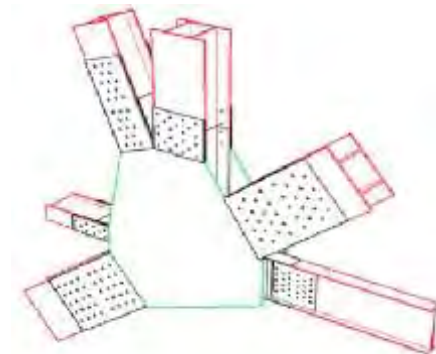
$$fRn_{\text{Perlu}} = \frac{V_{u_{\text{Badan}}}}{A} = \frac{(41711,67) \times 1000}{1 \times 2 \times (5500 \text{ mm})} = 3791,97 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

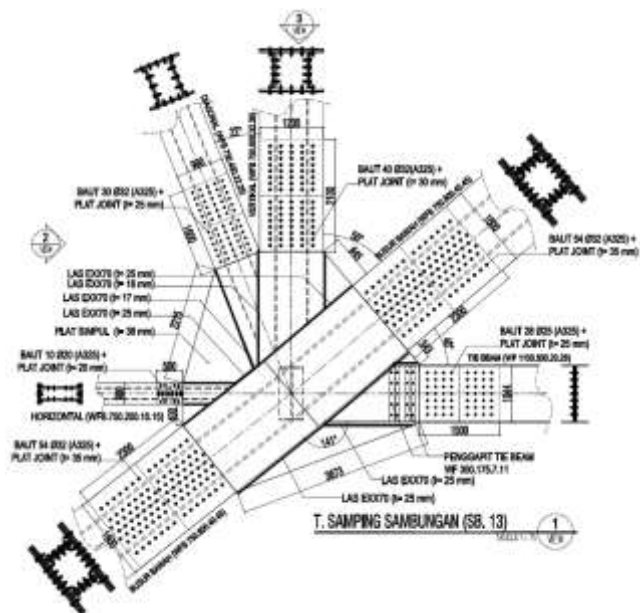
$$\begin{aligned} \phi Rn_w &= \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa} \\ &= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a \end{aligned}$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi Rn_{\text{Perlu}}}{\phi Rn} = \frac{3791,97}{155,89 a} = 24,32 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

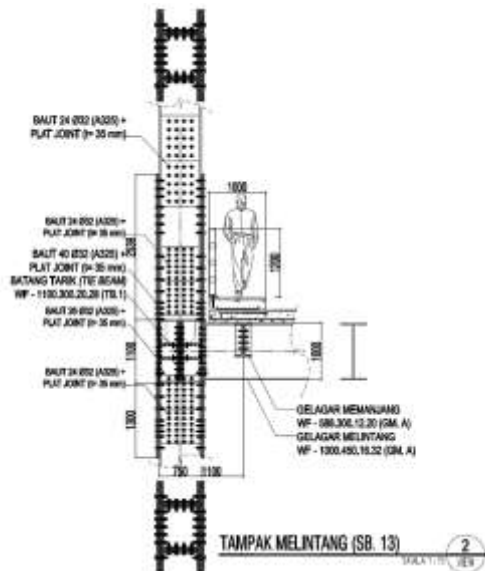
digunakan $a_{\text{perlu}} = 25 \text{ mm}$



Gambar 9.3 Persepektif Detail Sambungan Titik (SB13)



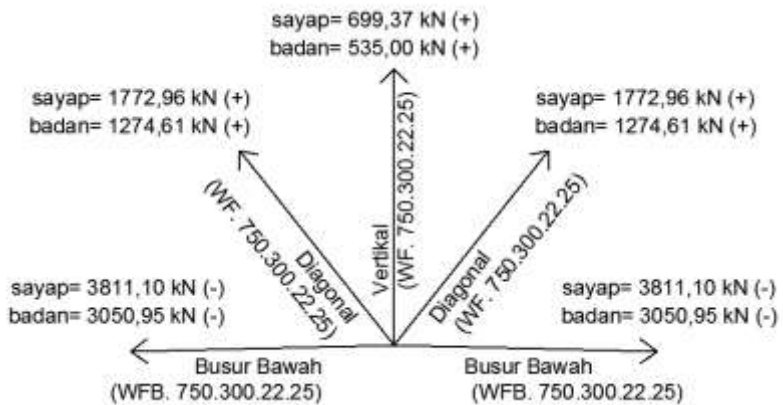
Gambar 9.4 T. Samping Sambungan Titik (SB 13)



Gambar 9.5 T. Melintang Sambungan Titik (SB 13)

9.2. Sambungan Tipe B

Untuk tipe B dipasang pada semua titik simpul terkecuali pada tipe A. Pada analisa perhitungan ini diambil contoh pada titik simpul (SB29) dimana menghubungkan busur bawah dengan batang diagonal dan batang vertikal.



Gambar 9. 8 Gaya aksial yang bekerja pada titik (SB 29)

Pada perhitungan ini hanya diambil pada batang busur bawah dengan profil WFB 750.300.22.25 dan selanjutnya pada tabel 9.3 dan tabel 9.4 merupakan hasil rekapitulasi gaya yang bekerja pada masing-masing batang. Untuk mencari gaya yang bekerja pada profil WFB 750.300.22.25 sebagai berikut:

Output dari SAP 2000 adalah :

- Nux = 6707,24 kN
- Muy = 50,85 kNm ; Muz = 52,31 kNm

- $V_{uy} = 14,273 \text{ kN}$; $V_{uz} = 26,58 \text{ kN}$
- $T_u = 14,80 \text{ kNm}$

$$\text{Rasio Badan } (\beta) = \frac{H}{B+H} = \frac{0,6}{0,75+0,6} = 0,44$$

-

$$\text{Rasio Sayap } (\alpha) = \frac{B}{B+H} = \frac{0,75}{0,75+0,6} = 0,56$$

Dari gaya-gaya yang bekerja pada profil WFB 750.300.22.25 tersebut diubah ke gaya gesek, maka perhitungannya sebagai berikut:

- Sumbu X:

$$N_{ux} = 6707,24 \text{ kN}$$

$$N_{u_{\text{Sayap}}} = \frac{M_{u_y}}{H} = \frac{50,85 \text{ kNm}}{0,6 \text{ m}} = 84,750 \text{ kN}$$

$$N_{u_{\text{Badan}}} = \frac{M_{u_z}}{B} = \frac{52,31 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} = 69,747 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{\text{Sayap}} &= N_u \cdot \alpha + N_{u_{\text{Sayap}}} \\ &= (6707,24 \cdot 0,56) + 84,750 = 3840,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{\text{Badan}} &= N_u \cdot \beta + N_{u_{\text{Badan}}} \\ &= (6707,24 \cdot 0,44) + 69,747 = 3020,933 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Sumbu Y:

$$V_{u_y} = 14,273 \text{ kN}$$

$$\frac{T_u}{H} \alpha = \frac{14,80 \text{ kNm}}{0,6 \text{ m}} \cdot 0,56 = 13,704 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } Y &= 14,273 \text{ kN} + 13,704 \text{ kN} \\ &= 27,977 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Sumbu Z:

$$Vu_z = 26,58 \text{ kN}$$

$$\frac{Tu}{B} \cdot \beta = \frac{14,80 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} \cdot 0,44 = 8,770 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya Arah Z} &= 26,58 \text{ kN} + 8,770 \text{ kN} \\ &= 35,350 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Resultan Gaya yang Bekerja:

Gaya pada Sayap :

$$\begin{aligned} Vu_{\text{Sayap}} &= \sqrt{(X_{\text{Sayap}})^2 + Y^2} \\ &= \sqrt{(3840,80)^2 + 27,977^2} = 3840,90 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya pada Badan :

$$\begin{aligned} Vu_{\text{Badan}} &= \sqrt{(X_{\text{Badan}})^2 + Z^2} \\ &= \sqrt{3020,933^2 + 35,350^2} = 3021,139 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Data perencanaan:

Baut (A325) = Ø32 mm → $f_y = 585 \text{ Mpa}$; $f_u = 825 \text{ MPa}$

Tebal Plat Penyambung = 35 mm (BJ55)

Bidang Geser (m) = 1

Koef. Plat Bersih (μ) = 0,35

Lubang Standar (ϕ) = 1

Perhitungan Baut Tipe Gesek (*Friksi*):

Jarak antar Baut : $3db < s < 15Tp$

$96 < 150 < 525 \rightarrow$ digunakan $s = 150 \text{ mm}$

Jarak antar Baut ke Tepi : $1,5db < s < 12Tp$

$48 < 100 < 420 \rightarrow$ digunakan $s = 100 \text{ mm}$

Lubang Baut = $d_b + 1,5 \text{ mm}$

$32 + 1,5 \text{ mm} = 33,5 \text{ mm}$

Proof Load :

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress} \\ &= 804,25 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa} \\ &= 352863,69 \text{ N} \rightarrow 352,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_h &= 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 352,86 \text{ kN} \\ &= 139,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_d = \phi \cdot V_h = 1 \cdot 139,56 \text{ kN} = 139,56 \text{ kN}$$

Pada analisa contoh perhitungan ini ditinjau gaya yang terbesar pada titik simpul SB 29 yaitu batang busur bawah. Pada tabel 9.5 dan tabel 9.6 merupakan hasil akhir untuk seluruh batang. Berikut contoh perhitungannya:

$$n \text{ baut Sayap} = \frac{V_{u_{\text{Sayap}}}}{V_n} = \frac{3840,90 \text{ kN}}{139,56 \text{ kN}} = 27,52 \rightarrow 28 \text{ baut}$$

$$V_{n_{\text{Sayap}}} = 28 \times 139,56 = 3907,68 \text{ kN} > V_{u_{\text{Sayap}}} = 3840,90 \text{ kN}$$

$$n \text{ baut Badan} = \frac{V_{u_{\text{Badan}}}}{V_n} = \frac{3021,139 \text{ kN}}{139,56 \text{ kN}} = 21,64 \rightarrow 24 \text{ baut}$$

$$V_{n_{\text{Badan}}} = 24 \times 139,56 = 3347,68 \text{ kN} > V_{u_{\text{Badan}}} = 3021,139 \text{ kN}$$

Jadi, jumlah baut per sisi penampang adalah

$$n \text{ per sisi Sayap} = \frac{28}{2} = 14 \text{ Baut}$$

$$n \text{ per sisi Badan} = \frac{24}{2} = 12 \text{ Baut}$$

Kontrol Plat Penyambung:

Digunakan penyambung plat tebal 30 mm yang digapit pada profil. Pada perhitungan ini digunakan gaya yang terbesar pada titik simpul SB 29, sehingga:

• Plat Sayap

$$\begin{aligned} - \text{ Luas Geser (Anv)} &= (L - n \text{ dl}) \text{ tp} \\ &= (800 - 14 \cdot 33,5) \cdot 30 \\ &= 9930 \text{ mm}^2 \\ - \text{ Kuat Rencana } (\phi P_n) &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Anv \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 550 \cdot 9930 \\ &= 2457675 \text{ N} = 2457,675 \text{ kN} \end{aligned}$$

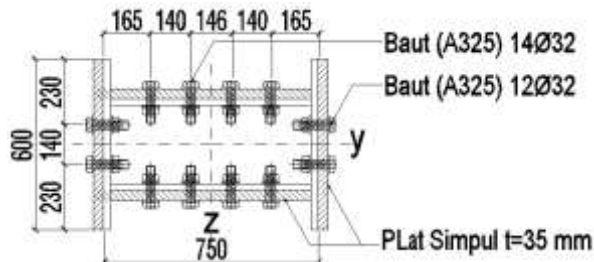
Karena digapit 2 plat per sisi flens, maka: $2 \cdot \phi P_n = 4915,35 \text{ kN} > V_{u \text{ Sayap}} = 3840,90 \text{ kN}$

• Plat Badan

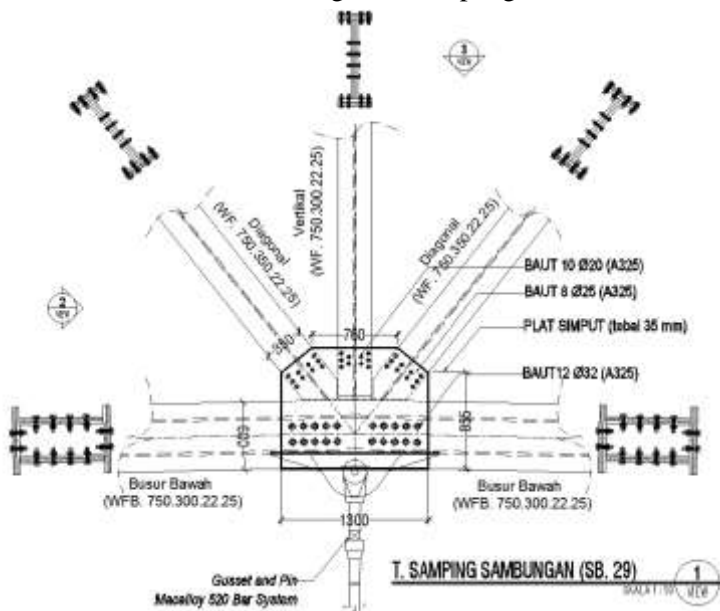
$$\begin{aligned} - \text{ Luas Geser (Anv)} &= (L - n \text{ dl}) \text{ tp} \\ &= (650 - 12 \cdot 33,5) \cdot 30 \\ &= 7440 \text{ mm}^2 \\ - \text{ Kuat Rencana } (\phi P_n) &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Anv \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 550 \cdot 7440 \\ &= 1841400 \text{ N} = 1841,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena digapit 2 plat per sisi web, maka: $2x\phi P_n = 3682,80 \text{ kN} > V_{u \text{ Badan}} = 3021,139 \text{ kN}$

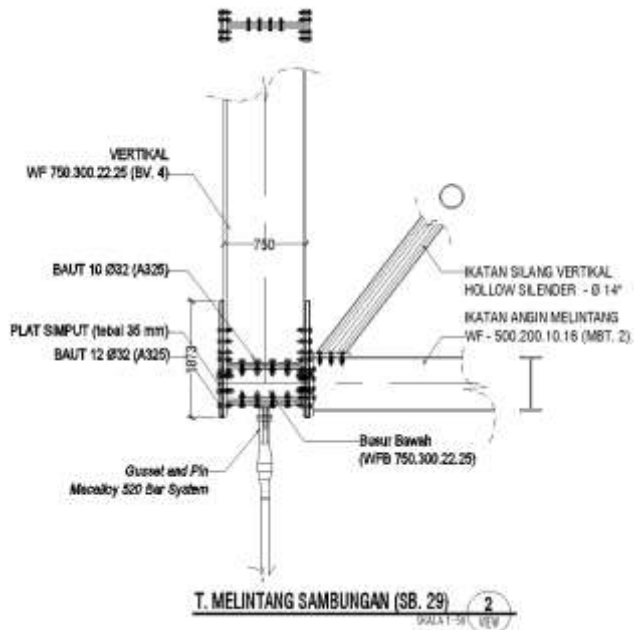
Pada Gambar 9.9 merupakan bentuk penempatan baut dan plat penyambung pada batang busur bawah dengan ukuran profil WF 750.300.22.25



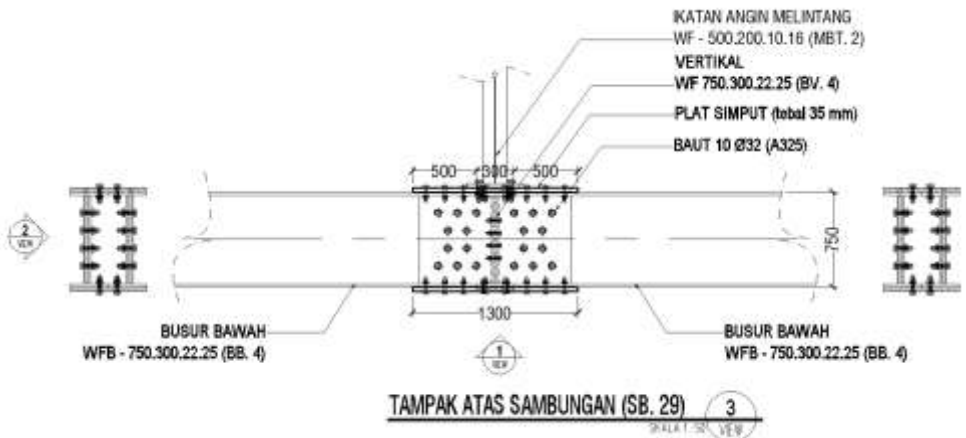
Gambar 9. 9 Sambungan Penampang WF 750.300.22.25



Gambar 9. 10 T. Samping Sambungan Titik (SB 29)



Gambar 9. 11 T. Melintang Sambungan Titik (SB 29)



Gambar 9. 12 T. Atas Sambungan Titik (SB 29)

9.3. Rekapitulasi Sambungan Rangka Utama

Pada rekapitulasi ini ditinjau jumlah baut pada masing-masing tipe ukuran batang yang digunakan dengan mengambil gaya aksial terbesar pada satu tipe ukuran batang. Berikut hasil rekapitulasi gaya yang bekerja pada sambungan pada rangka busur setengah bentang yang ditujukan pada tabel 9.3

Tabel 9. 1 Gaya Pada Sambungan Rangka Busur

MAIN SPAN	Rasio Badan	Rasio Sayap	Nux (kN)	Vuy (kN)	Vuz (kN)	Muy / H (kN)	Muz / B (kN)	Tu / B (kN)	Tu / H (kN)	X (Badan) (kN)	X (Sayap) (kN)	Total Y (kN)	Total Z (kN)	Gaya Sayap (kN)	Gaya Badan (kN)
Batang Busur Bawah															
WFB 750.800.40.45	0.68	0.32	30015.13	1147.66	676.21	2465.83	9140.60	766.28	359.19	29576.44	12045.12	1262.30	1197.93	12111.08	29600.68
WFB 750.450.32.38	0.55	0.45	24973.93	278.53	495.87	2420.18	5016.86	30.64	25.54	18639.00	13772.16	290.14	512.89	13775.22	18646.05
WFB 750.400.22.25	0.52	0.48	17267.94	22.36	40.34	161.99	55.56	41.46	38.87	8968.04	8517.44	41.17	61.74	8517.54	8968.26
WFB 750.300.22.25	0.44	0.56	6707.24	14.27	26.58	84.75	69.75	19.73	24.67	3050.74	3810.99	27.98	35.35	3811.10	3050.95
Batang Busur Atas															
WFB 750.400.25.30	0.52	0.48	21839.05	18.17	28.87	92.88	177.39	30.11	28.23	11449.15	10660.16	31.83	44.41	10660.20	11449.24
WFB 750.400.32.38	0.52	0.48	25909.65	30.75	52.00	80.01	215.53	10.42	9.77	12555.80	11649.20	35.48	37.36	11649.25	12555.85
Batang Vertikal															
WFB 750.600.32.38	0.62	0.38	12638.14	291.38	1.94	1389.23	2221.17	97.27	60.80	9998.48	6249.05	314.76	61.80	6256.97	9998.67
WF 750.600.30.32	0.62	0.38	2658.57	32.05	11.95	176.17	266.81	0.40	0.50	1902.86	1198.69	32.24	12.20	1199.13	1902.90
WF 750.450.10.20	0.55	0.45	2035.49	0.59	9.73	131.13	66.40	0.03	0.05	1176.66	1056.35	0.62	9.74	1056.35	1176.70
WF 750.300.22.25	0.44	0.56	1121.31	12.97	4.20	76.30	36.63	0.03	0.07	534.99	609.25	13.01	4.21	609.37	535.00
Batang Diagonal															
WFB 750.450.22.25	0.55	0.45	13296.62	46.32	75.26	1114.43	671.33	19.45	16.21	7924.04	7158.35	33.69	85.87	7158.55	7924.50
WF 750.350.22.25	0.44	0.56	1689.53	15.84	9.45	98.33	74.77	0.02	0.06	825.68	1036.96	15.87	9.46	1037.08	825.73
WF 750.300.12.20	0.44	0.56	2808.54	10.20	6.32	212.65	26.36	0.00	0.00	1274.60	1772.93	10.20	6.32	1772.96	1274.63
Tie Beam															
WF 1100.500.20.28	0.69	0.31	6705.42	37.16	12.25	501.93	24.51	0.52	0.24	4634.98	2597.38	37.23	12.61	2597.64	4634.56

Berikut hasil rekapitulasi gaya yang bekerja pada sambungan pada rangka sisi samping yang ditujukan pada tabel 9.2

Tabel 9. 2 Gaya Pada Sambungan Rangka Sisi

SIDE SPAN	Rasio Batang	Rasio Sayap	Nux (kN)	Vuy (kN)	Vuz (kN)	Muy / B (kN)	Muz / B (kN)	Tu / B (kN)	Tu / B (kN)	X (Badan) (kN)	X (Sayap) (kN)	Total Y (kN)	Total Z (kN)	Gaya Sayap (kN)	Gaya Badan (kN)
Batang Horizontal Atas															
WFB 750.400.25.30	0.52	0.48	11591.25	10.13	4.88	43.75	135.09	5.16	4.84	6117.67	5652.42	12.47	7.54	5652.43	6117.68
WFB 750.200.10.20	0.35	0.65	3999.48	4.53	11.28	45.10	42.25	4.11	7.70	1433.38	2653.45	9.35	12.71	2653.47	1433.43
Batang Horizontal Bawah															
WFB 750.250.12.14	0.40	0.60	1518.55	8.03	9.65	38.58	69.29	1.83	2.74	676.71	949.71	9.67	10.38	949.76	676.79
WFB 750.200.10.15	0.35	0.65	1629.96	8.48	8.13	40.65	48.07	1.47	2.75	613.62	1101.06	10.27	8.64	1101.11	613.68
Batang Vertikal															
WFB 750.300.20.30	0.44	0.56	1187.29	49.49	0.67	4.62	301.15	1.59	1.62	828.83	664.23	50.38	1.82	666.13	828.83
WF 750.300.22.25	0.44	0.56	720.28	12.40	0.00	0.00	60.64	0.00	0.00	380.76	400.15	12.40	0.00	400.35	380.76
WF 750.200.12.15	0.35	0.65	1179.96	9.32	0.00	0.00	62.76	0.00	0.00	473.18	769.54	9.32	0.00	769.59	473.18
Batang Diagonal															
WFB 750.450.22.25	0.55	0.45	9052.44	7.19	43.22	254.53	135.00	12.57	10.48	5072.70	4369.28	11.95	50.08	4369.30	5072.94
WF 750.500.22.38	0.57	0.43	5654.43	22.08	18.34	118.20	441.07	0.31	0.16	3672.17	2336.53	22.15	18.40	2336.62	3672.21
WF 750.400.25.28	0.52	0.48	1386.96	21.98	12.24	89.95	159.45	0.08	0.15	875.30	761.06	22.05	12.28	761.38	875.39

Pada Tabel 9.3 merupakan hasil analisa penggunaan baut, las dan plat penyambung yang dibutuhkan pada batang rangka utama sesuai dengan gaya yang bekerja pada masing-masing batang.

Tabel 9. 3 Kebutuhan Baut, Las, dan Plat Penyambung pada Rangka Busur Tengah Bentang

MAIN SPAN	Bidang Geser	Ø Baut (mm)	Baut Sayap (m)	Baut Badan (n)	ΦRn Sayap (kN)	ΦRn Badan (kN)	CEK	(a) LAS (mm)	ΦRn LAS (kN)	CEK	Ip Sayap (mm)	Ip Badan (mm)	ΦRn Sayap (kN)	ΦRn Badan (kN)	CEK
Batang Busur Bawah															
WFB 750.800.40.45	2	32	48	108	13390.74	30129.16	OK	25	43650	OK	35	35	27442.80	34026.30	OK
WFB 750.450.32.38	2	32	52	70	14506.63	19528.16	OK	24	34673	OK	35	35	29729.70	40070.75	OK
WFB 750.400.22.25	2	32	32	36	8927.16	10043.05	OK	19	23696	OK	30	30	15681.60	17641.80	OK
WFB 750.300.22.25	1	32	28	24	3905.63	3347.68	OK	9	8418	OK	30	30	4915.35	3682.80	OK
Batang Busur Atas															
WFB 750.400.25.30	2	32	40	48	11158.95	13390.74	OK	24	29932	OK	20	20	13068.00	23522.40	OK
WFB 750.400.32.38	2	32	48	48	13390.74	13390.74	OK	26	32426	OK	20	20	15681.60	23522.40	OK
Batang Vertikal															
WFB 750.600.32.38	1	32	48	80	6695.37	11158.95	OK	16	29932	OK	30	30	7365.60	11286.00	OK
WF 750.600.30.32	1	20	24	36	1307.69	1961.53	OK	6	11224	OK	20	20	1385.80	7618.05	OK
WF 750.450.10.20	1	20	20	24	1089.74	1307.69	OK	6	8418	OK	20	20	2821.50	5078.70	OK
WF 750.300.22.25	1	20	20	20	1089.74	1089.74	OK	6	5612	OK	20	20	2821.50	4232.25	OK
Batang Diagonal															
WFB 750.450.22.25	1	32	52	60	7253.32	8369.21	OK	17	23852	OK	25	25	7783.88	8835.75	OK
WF 750.350.22.25	1	20	20	20	1089.74	1089.74	OK	6	5612	OK	20	20	2821.50	4232.25	OK
WF 750.300.12.20	1	25	24	20	2043.12	1702.60	OK	6	5612	OK	20	20	2791.80	3489.75	OK
Tie Beam															
WF 1100.500.20.25	1	25	Pakai Las	28	Pakai Las	4767.28	OK	6	3741	OK	25	25	-	9380.25	OK

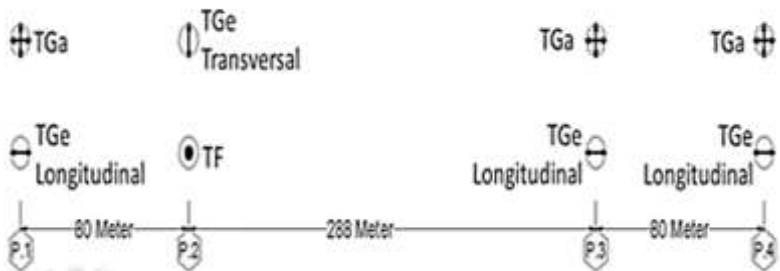
Tabel 9. 4 Kebutuhan Baut, Las, dan Plat Penyambung pada Rangka Sisi Bentang Samping

SIDE SPAN	Bidang Geser	Ø Baut	Baut Sayap	Baut Badan	φRn Sayap	φRn Badan	CEK	(a) LAS	φRn LAS	CEK	Tp Sayap	Tp Badan	φRn Sayap	φRn Badan	CEK
		(mm)	(n)	(n)	(kN)	(kN)		(mm)	(kN)		(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	
Horizontal Atas															
WFB 750.400.25.30	1	32	48	48	13390,74	13390,74	OK	13	16213	OK	25	25	6138,00	7365,60	OK
WFB 750.200.10.20	1	25	36	20	3064,68	1702,60	OK	8	4989	OK	20	20	4187,70	3489,75	OK
Horizontal Bawah															
WFB 750.250.12.14	1	20	20	20	1089,74	1089,74	OK	6	4677	OK	20	20	2821,50	4232,25	OK
WFB 750.200.10.15	1	20	20	20	1089,74	1089,74	OK	6	3741	OK	20	20	2821,50	4232,25	OK
Batang Vertikal															
WFB 750.300.20.50	1	20	20	20	1089,74	1089,74	OK	6	5612	OK	20	20	2821,50	4232,25	OK
WF 750.300.22.25	1	20	20	20	1089,74	1089,74	OK	6	5612	OK	20	20	2821,50	4232,25	OK
WF 750.200.12.15	1	20	16	16	871,79	871,79	OK	6	3741	OK	20	20	2257,20	3385,80	OK
Batang Diagonal															
WFB 750.450.22.25	1	25	52	60	4426,76	5107,80	OK	10	14030	OK	20	20	6048,90	10469,25	OK
WF 750.500.32.38	1	25	32	48	2724,16	4086,24	OK	6	9354	OK	20	20	5772,40	8375,40	OK
WF 750.400.25.28	1	20	20	20	1089,74	1089,74	OK	6	7483	OK	20	20	2821,50	4232,25	OK

BAB X PERLETAKAN

10.1. Perencanaan Perletakan

Perencanaan perletakan pada jembatan ini seperti pada Gambar 10.1



Gambar 10. 1 Model Perletakan

Perletakan menggunakan tipe Pot Bearing yang terdapat 3 jenis model Pot Bearing, yaitu: Fixed (TF), Guided (TGe), Free (Tga). Dipilih tipe Pot Bearing, yaitu struktur yang terdiri dari piston baja menumpu pada cakram elastomer yang “terkurung” dalam pot/ silinder baja.

Alasan bearing tipe ini dipilih adalah :

- Daya tahan yang tinggi terhadap gaya horizontal yang besar dan mampu mendistribusikannya dengan aman.
- Daya tahan yang tinggi terhadap beban dinamis dan siklus “fatigue”

- Mengakomodasi rotasi
- Tersedia kapasitas bervariasi dari 50 ton s/d 10000 ton

10.2. Hasil Analisa

Gaya yang bekerja dari permodelan struktur adalah sebagai berikut:

Tabel 10. 1 Pot Bearing Reaction

Abutment						
	Shear X (kN)	Shear Y (kN)	Shear Z (kN)	Momen X (kNm)	Momen Y (kNm)	Momen Z (kNm)
Max	0	431.53	2421.13	0	0	0
Min	0	173.02	2116.8	0	0	0

Pier						
	Shear X (kN)	Shear Y (kN)	Shear Z (kN)	Momen X (kNm)	Momen Y (kNm)	Momen Z (kNm)
Max	-4187.53	-1872.76	34557.18	0	0	0
Min	0	-1696.69	22082.27	0	0	0

Tabel 10. 2 Pot Bearing Displacement

Abutment						
	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
Max	0.13618	0.000584	0	0.00101	0.00289	0.000588
Min	0.03057	0.0005244	0	0.0008943	0.00238	0.0001234

Pier						
	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
Max	0.19085	0.0009278	0	0.0004991	0.00272	0.0006402
Min	0	0	0	0.0001377	0.0018	0.0000464

Properti Material:

a. Elastomeric Disc :

- Natural Rubber
- Shear Modulus (G) = 0,8 MPa

b. Baja

Rolled Steel S275 JR $\rightarrow f_y = 275$ MPa

10.2.1. Menentukan Dimensi Elastomeric Disc:

Cek Tegangan (σ)

$$\sigma_{\text{Max}} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter (Dp)} = 1330 \text{ mm}$$

$$P_{\text{Max}} = 34557,19 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi Dp^2 \\ &= 1388586,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_R &= \frac{P}{A} = \frac{34557,19 \times 1000}{1388586,5} \\ &= 24,886 \text{ MPa} = 248,86 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{Max}} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Menghitung tebal Elastomer disc (hr)

$$h_r = 3,33 \times Dp \times \theta_u$$

$$\theta_u = 0,00289 \text{ rad}$$

$$\begin{aligned} h_r &= 3,33 \times Dp \times \theta_u \\ &= 3,33 \times 1330 \times 0,00289 = 12,79 \text{ mm} \rightarrow 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung Shape Factor S untuk Elastomer Berbentuk

Silinder (S)

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,5 \times Dp}{2 h_r} = \frac{0,5 \times 1330}{200} \\ &= 3,325 \end{aligned}$$

10.2.2. Menentukan Dimensi Pot Baja:

Menghitung tebal lower plate (tb), untuk bearing yang kontak langsung dengan permukaan beton:

Syarat $t_b > 0,06 D_p$ atau $t_b > 0,75$ inci

Cek:

$$0,06 D_p = 79,8 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 80 \text{ mm}$$

$$0,75 \text{ inci} = 19,05 \text{ mm}$$

Menghitung tebal wall plate (t_w), dengan memperhitungkan beban horizontal \rightarrow diambil Shear X (H) = 81,5 kN:

$$t_w = \sqrt{\frac{25 \times H \times \theta_u}{f_y}} = \sqrt{\frac{25 \times 4187,53 \times 1000 \times 0,00289}{275}}$$

$$= 33,168 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 50 \text{ mm}$$

Menghitung (h_w):

Syarat:

$$h_w \geq \frac{1,5 H}{D_p \times f_y} \text{ atau } h_w \geq 0,125 \text{ inci atau } h_w = 0,03 D_p$$

$$h_w \geq \frac{1,5 \times 4187,53 \times 1000}{1330 \times 275} = 17,174 \text{ mm atau}$$

$$h_w \geq 0,125 \text{ inci} = 3,175 \text{ mm}$$

$$h_w = 0,03 D_p = 0,03 \times 1330 = 39,9 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 40 \text{ mm}$$

Menghitung Ketebalan Rongga dalam Pot ($hp1$)”

$$hp1 = (0,5 \times D_p \times \theta_u) + h_r + h_w$$

$$= (0,5 \times 1330 \times 0,00289) + 100 + 40 = 141,92 \text{ mm}$$

$$\text{digunakan } 150 \text{ mm}$$

Menghitung Clearance antara Upper Plate dengan Pot ($hp2$)

$$hp2 = R_0 \times \theta_u + 2 \times \delta u + 0,125 \text{ inci}$$

R_0 = radius dihitung dari as pot ke obyek yang dihitung,
misal wall plate atau angkur (dalam kasus ini ditentukan
jarak terhadap wall) = $1330/2 = 665$ mm

δu = defleksi vertikal akibat kombinasi beban
= $(P_{max} \times h_r) / EA$

$E = 6GS^2$
= $6 \times 0,8 \times (3,325)^2 = 53,067$ mm \rightarrow 60 mm

A = luas area elastomer disc

$\delta u = \frac{P \times h_r}{E A} = \frac{34557,19 \times 100}{60 \times 1388586,5}$
= 0,0415 mm

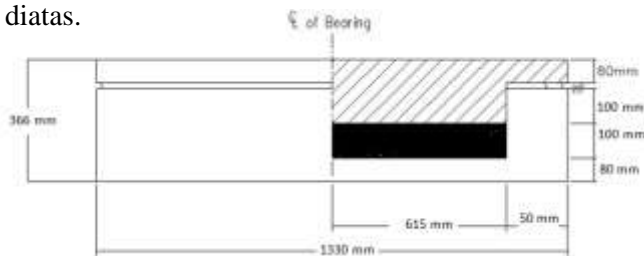
$hp_2 = 665 \times 0,00289 + 2 \times 0,0415 + 3,175 = 5,18$ mm \rightarrow 6 mm

Tebal upper plate diasumsikan sama dengan lower plat (tb) = 80 mm.

Clearance antara piston dengan wall

$c = \theta u \{hw - [(D_p \times \theta u)/2]\}$
= $0,00289 \{40 - [(1330 \times 0,00289)/2]\} = 0,11$ mm

1. Sketsa *Pot Bearing* tipe fix sesuai dengan perhitungan diatas.



Gambar 10. 2 Pot Bearing Tipe Fixed

2. Untuk mengakomodasi pergerakan/ translasi ke semua arah, digunakan pot bearing tipe free / multi directional. Karena pergerakan tidak ditahan sehingga untuk menentukan tebal wall digunakan rumus;

$$t_w = (D_p \times \sigma_s) / (1.25 f_y)$$

$$A_{pot} = 1388586,5 \text{ mm}^2$$

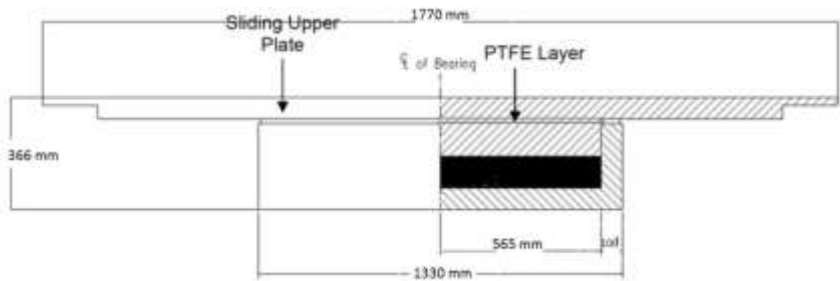
$$\begin{aligned} \sigma_s &= P / A_{pot} \\ &= 24,886 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$t_w = 96,29 \text{ mm} \rightarrow 100 \text{ mm}$$

Menghitung dimensi sliding upper plate displacement max di pier; D_x

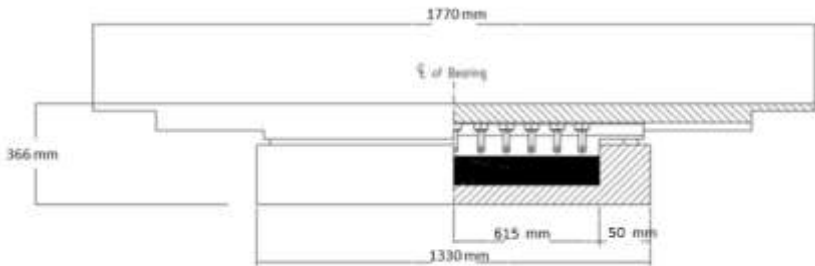
$$D_x = 190,85 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} B_x &= D_p + 2D_x \\ &= 1711,7 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 1700 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 10. 3 *Pot Bearing Tipe Free*

3. Untuk mengakomodasi pergerakan ke 1 arah digunakan pot bearing tipe guided/ uni directional. Karena pergerakan ke arah yang lain ditahan, sehingga tebal wall sama dengan tipe FIX.



Gambar 10. 4 *Pot Bearing Tipe Guided*

Dari perhitungan tersebut jika digunakan pada katalog *Mageba Bearing Products* didapatkan tipe *Bearing*, yaitu:

1. *Fixed* (TF) → TF – 14
 2. *Guided* (TGe) → TGe – 14
 3. *Free* (TGa) → TGa – 14
- a. Perhitungan Pengangkur Perletakan
- Mutu Baja = BJ 55 ($f_y = 410 \text{ Mpa}$; $f_u = 550 \text{ Mpa}$)
 - Mutu Beton = K – 500 = $416,5 \text{ kg/cm}^2$
 - Mutu Baut A490 → $\varnothing 64 \text{ mm}$ ($f_y = 825 \text{ MPa}$; $f_u = 1035 \text{ MPa}$)
 - $V = 34557,19 \text{ kN}$
 - $H = 4187,53 \text{ kN}$
- Luas Alas Bantalan Perletakan:

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{V}{\sigma_{\text{Beton}}} \\
 &= \frac{34557,19 \times 100}{416,5} = 8297,044 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan $L = 100 \text{ cm}$, maka:

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{F}{L} \\
 &= \frac{8297,044}{100} = 82,97 \text{ cm} \rightarrow 170 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tebal Bantalan Perletakan :

$$\begin{aligned}
 S1 &= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}} \\
 &= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 34557,19 \times 100}{170 \times 4100}} = 1,93 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Baut Angkur:

- Kekuatan Geser Baut

$$\begin{aligned}
 \phi V_d &= \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\
 &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1035 \cdot 3215,36 \cdot 1 \\
 &= 1247961,6 \text{ N} = 1247,96 \text{ kN (menentukan)}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan Tumpu Baut

$$\begin{aligned}
 \phi R_d &= \phi_f \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 64 \cdot 50 \cdot 1035 \\
 &= 5961600 \text{ N} = 5961,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Jumlah Baut

$$n = V / \phi V_d$$

$$= 34557,19 / 1247,96 = 27,69 \rightarrow 30 \text{ baut}$$

- Jarak Baut :

$$3 \text{ db} < S < 15 \text{ tp}$$

$$1,5 \text{ db} < S_1 < 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka,

$$192 < 300 < 750$$

$$96 < 200 < 300$$

BAB XI

STAGING ANALYSIS

11.1. Tahapan Staging Analysis

Staging Analysis pada perencanaan ini dilakukan dengan program SAP 2000. Analisa ini menggunakan salah satu fitur *non linier staged contruction*, yaitu dimana jembatan dirancang bertahap dari mulai pendirian kolom portal akhir hingga erection untuk busur rangka puncak.

Untuk metode pelaksanaan jembatan busur rangka ini menggunakan metode *balance cantilever* dengan bantuan tarikan kabel untuk menahan lendutan akibat berat sendiri yang ditopang oleh *temporary tower*. Sedangkan untuk pemasangan profil menggunakan crane ponton selama proses *erection* berlangsung. Untuk lebih jelasnya akan diberikan ilustrasi urutan tahapan pelaksanaan jembatan. Tahapan pengerjaannya sebagai berikut:

a. *Stage 1*

Pembangunan dimulai dari struktur bawah, yaitu:

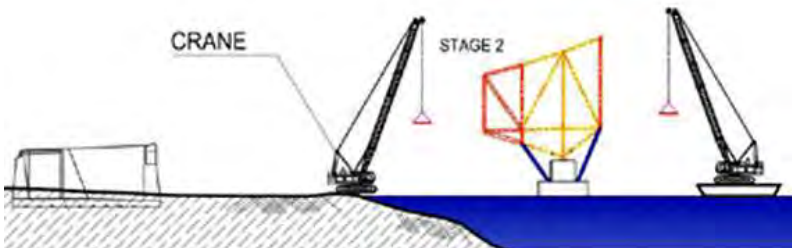
Pemancangan, pembuatan pilar dan abutment. Kemudian didirikan kolom portal akhir yang menumpu pada perletakan, dilanjutkan dengan pemasangan segmen rangka busur. pengerjaan semacam ini dilakukan dari kedua sisi.



Gambar 11. 1 Ilustrasi *Stage 1*

b. *Stage 2*

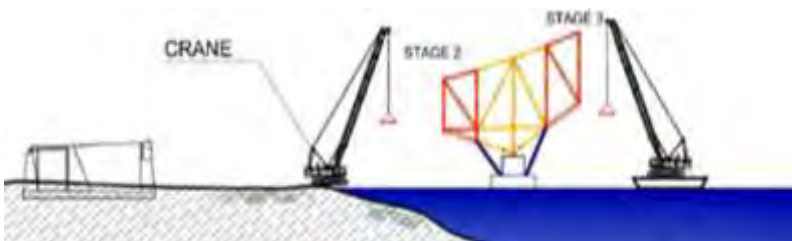
Dilanjutkan pengecekan terhadap frame rangka untuk side span jika terjadi kantilever sepanjang $1 \cdot \lambda = 8 \text{ m}$



Gambar 11. 2 Ilustrasi *Stage 2*

c. *Stage 3*

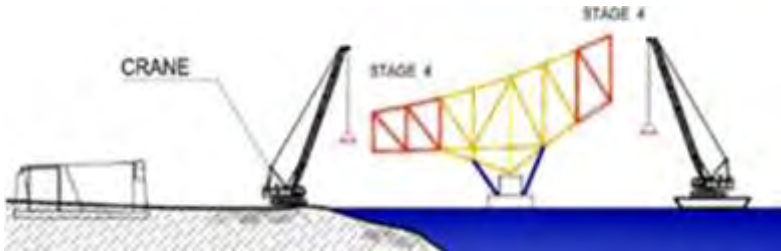
Pemasangan frame rangka untuk main span sepanjang $1 \cdot \lambda = 8 \text{ m}$ untuk mengimbangi berat rangka pada stage 2.



Gambar 11. 3 Ilustrasi *Stage 3*

d. *Stage 4*

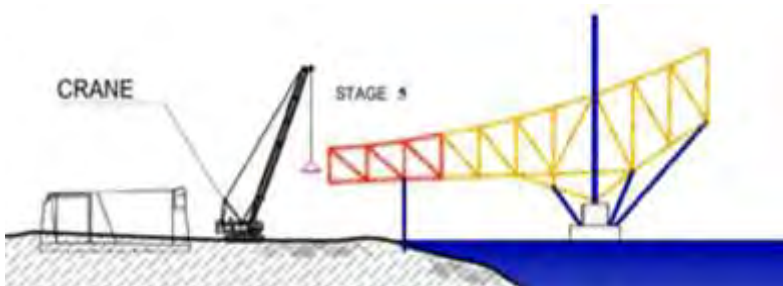
Pemasangan frame rangka untuk side span 2. $\lambda = 16$ m dan untuk main span 1. $\lambda = 8$ m.



Gambar 11. 4 Ilustrasi *Stage 4*

e. *Stage 5*

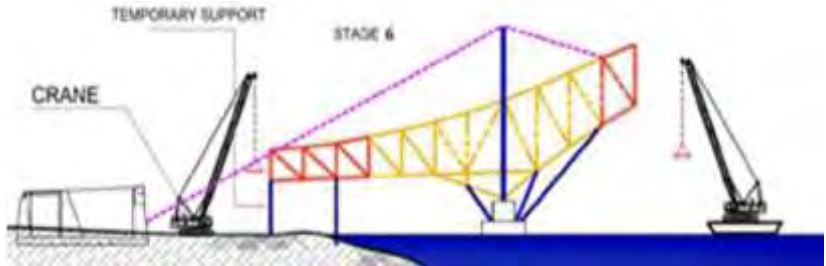
Temporary Tower dan *Temporary Pier* mulai didirikan untuk menompang berat struktur. *Temporary Pier* diletakan pada side span sehingga dapat dipasang $3\lambda = 24$ m. Dan *Temporary Tower* berada di *pier*.



Gambar 11. 5 Ilustrasi *Stage 5*

f. *Stage 6*

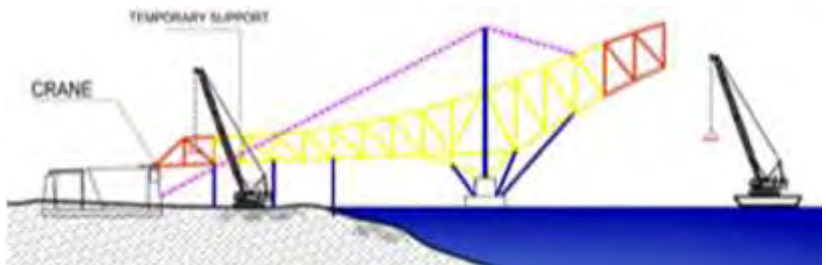
Pemasangan kabel pada *Temporary Tower* agar dapat menahan beban rangka di main span yang akan ditambah $3\lambda = 8$ m. Kabel diberik tarikan *pre-tension* 1000 kN dan kabel diangkur pada *abutment*.



Gambar 11. 6 Ilustrasi *Stage 6*

g. *Stage 7*

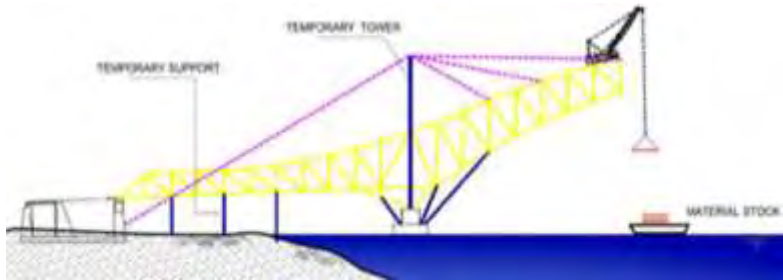
Pemasangan rangka main span ditambah $2\lambda = 16$ m. Dan pada side span pekerjaan rangka dilakukan hingga semua segmen terpasang.



Gambar 11. 7 Ilustrasi *Stage 7*

h. *Stage 8*

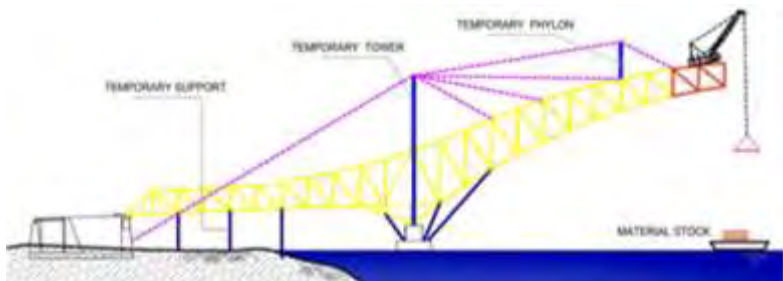
Pemasangan pada rangka main span dilakukan dengan bantuan *Crane Traveller* yang berjalan dirangka. Pemasangan pada setiap rangka main span diberikan tarikan kabel per $3\lambda = 24$ m dan pada kabel side ditarik sebesar 20126,5 kN



Gambar 11. 8 Ilustrasi *Stage 8*

i. *Stage 9*

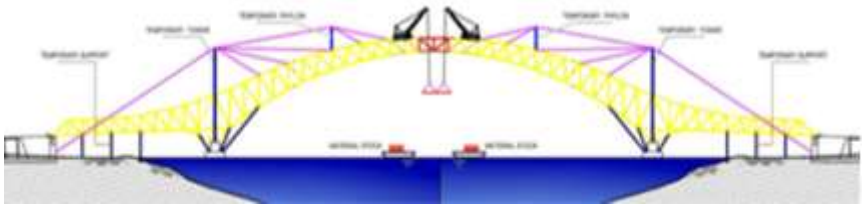
Kabel penarik pada sisi side span dikontrol tarikannya agar penyesuaian lendutan pada rangka main span tercapai. Selanjutnya pemasangan *Pylon Temporary* pada rangka main span berfungsi untuk membantu penarikan kabel pada rangka yang semakin memanjang.



Gambar 11. 9 Ilustrasi *Stage 9*

j. *Stage 10*

Setelah dari kedua sisi dilakukan pekerjaan yang sama, maka pada titik tengah bentang dilakukan pemasangan rangka akhir dengan memperhitungkan suhu yang tepat agar pemasangan batang (*Closures*) sesuai pada perencanaan.



Gambar 11. 10 Ilustrasi *Stage 10*

k. *Stage 11*

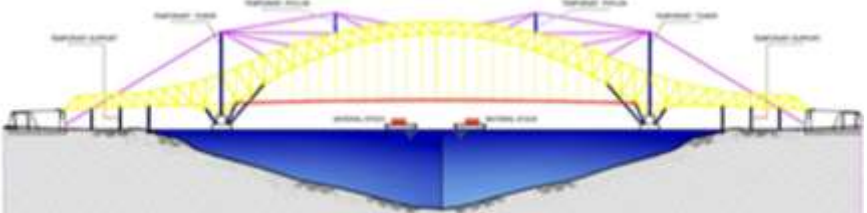
Pemasangan kabel penggantung lantai kendaraan dipasang dari tepi ke tengah bentang.



Gambar 11. 11 Ilustrasi *Stage 11*

l. *Stage 12*

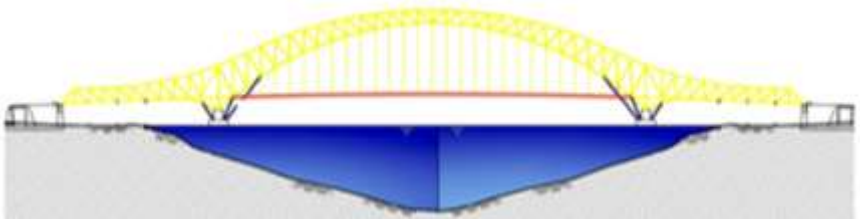
Setelah semua kabel penggantung terpasang dilakukan pemasangan gelagar lantai kendaraan. Pemasangan ini dilakukan dari mulai *Tie Beam*, Gelagar Melintang, dan Gelagar Memanjang. Yang diangkat menggunakan mobile crane yang berada diatas ponton.



Gambar 11. 12 Ilustrasi *Stage 12*

m. *Stage 13*

Pembongkaran *Temporary Tower*, *Temporary Pier*, dan kabel pembantu dilakukan secara bertahap. Yang dimulai dari kabel pembantun main span bagian tengah hingga bagian tepi.

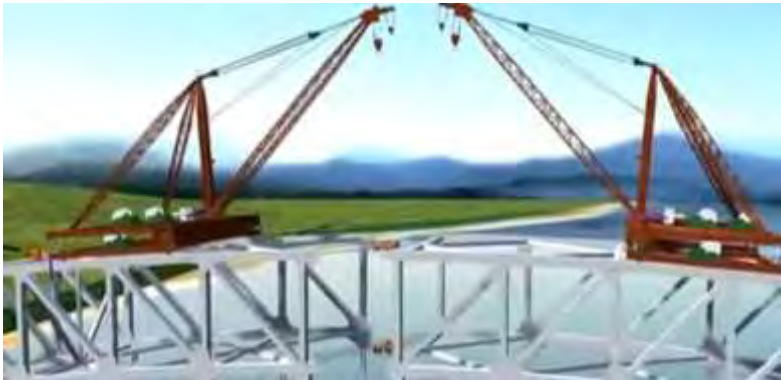


Gambar 11. 13 Ilustrasi *Stage 13*

11.2. Data Pembebanan *Staging*

Pembebanan yang bekerja pada saat *Staging* adalah:

1. Beban Sendiri Rangka Jembatan
2. Beban *Crane Traveller Movement*
3. Beban Material



Gambar 11. 14 Bentuk *Crane Traveller Movement*

Berat Crane Traveller adalah 100 ton dengan kapasitas 70 ton. Jadi beban yang berjalan pada saat *staging* di rangka sebagai berikut:

- Crane Traveller =100 ton
 - Material (WFB 750.750.32.38) x 2 = 30 ton
- Jadi, Berat Titik Crane =130 ton

11.3. Data Perencanaan Kabel

Seperti yang diuraikan sebelumnya bahwa pada *staging* analisa ini menggunakan kekuatan tarikan kabel yang ditopang oleh *temporary tower*.

Sesuai yang disyaratkan dalam RSNI T03-2005, yaitu mutu kabel yang digunakan memiliki tegangan putus minimal 1800 Mpa dan dengan tegangan ijin sebesar $0,7 f_u$ sehingga dalam perencanaan ini digunakan kabel ASTM A416-74 grade 270.

Data Perencanaan:

$$\varnothing = 17,78 \text{ mm}$$

$$A_s = 248,161 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 1302 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 1860 \text{ Mpa}$$

Berikut contoh perhitungan untuk kabel 1 di *side span*, untuk yang lain akan ditampilkan pada tabel 11.1.

$$P = 20126,5 \text{ kN}$$

$$A_{sc} = P / f_{ijin}$$

$$= 9994,05 / 1,302$$

$$= 7675,922 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{kabel}} = A_{sc} / A_s$$

$$= 7675,922 / (\pi/4 \times 17,78^2)$$

$$= 32 \text{ stand}$$

$$P_n = f_{ijin} \times A_{sc_{aktual}}$$

$$= 1,302 \times (32 \times \pi/4 \times 17,78^2)$$

$$= 10339,37 \text{ kN}$$

$$P_n > P_u$$

$$10339,37 \text{ kN} > 9994,05 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Tabel 11. 1 Kontrol Luas Penampang Aktual (A_{sc})

Uraian	P_u	A_{sc}	n_{Kabel}	$A_{sc} \text{ Aktual}$	P_n	Kontrol
	(kN)	(mm ²)	(Stand)	(mm ²)	(kN)	
Kabel 1 Side Span	9994.05	7675.922	32	7941.145408	10339.37132	OK
Kabel 1 Main Span	5632.918	4326.358	18	4466.894292	5815.896368	OK
Kabel 2 Main Span	477.764	366.9462	3	744.482382	969.3160614	OK
Kabel 3 Main Span	366.679	281.6275	3	744.482382	969.3160614	OK
Kabel 4 Main Span	347.708	267.0568	3	744.482382	969.3160614	OK
Kabel 5 Main Span	8608.689	6611.896	28	6948.502232	9046.949906	OK
Kabel 6 Main Span	7435.971	5711.191	24	5955.859056	7754.528491	OK

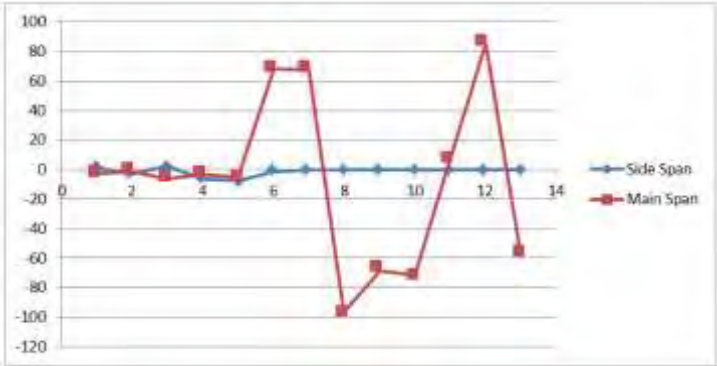
11.4. Deformasi Profil Tahap *Staging Analysis*

Untuk hasil defromasi pada tiap-tiap *stage* untuk pengecekan profil akibat *staging analysis* akan dijelaskan pada tabel 11.2.

Tabel 11. 2 Hasil Deformasi Profil Arah sumbu Z Per Stage

Titik	Lendutan (mm)	
	Side	Main
Stage 1	0.801	-2.515
Stage 2	-2.45	-1.764
Stage 3	2.24	-6.171
Stage 4	-6.6	-3.53
Stage 5	-7.72	-5.41
Stage 6	-1.31	68.32
Stage 7	0	67.17
Stage 8	0	-96.85
Stage 9	0	-68.629
Stage 10	0	-71.71
Stage 11	0	6.22
Stage 12	0	84.9
Stage 13	0	-58.31

Sehingga didapatkan perbandingan antara deformasi pada side span dan deformasi main span saat berlangsungnya tahapan *staging*. Dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 11. 15 Grafik Deformasi Profil Arah sumbu Z Saat *Staging*

11.5. Cek Kekuatan Profil Terkritis

Dari hasil analisa program SAP 2000 didapatkan profil terkritis yaitu pada busur atas WFB 750.400.32.38. Maka dilakukan perbandingan pembebanan pada saat kondisi pelaksanaan dengan kondisi beban layan sebagai berikut:

Tabel 11. 3 Hasil Cek Profil Terkritis

Kondisi	Pu	Luas Penampang	σ		Stress Ratio	Kontrol
	(kg)		(kg/cm ²)	σ ijin (kg/cm ²)		
Staging	629351.2	1191.36	528.26	4100	0.128845	OK
Service	1649435.7	1191.36	1384.50	4100	0.337682	OK

BAB XII PENUTUP

12.1. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mutu baja profil yang digunakan yaitu BJ-55 ($f_y=410$ MPa ; $f_u = 550$ MPa), dan mutu beton menggunakan f'_c 30 MPa.
2. Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 9 m untuk jalan 2 jalur 2 arah. Tinggi fokus busur adalah 57 meter.
3. Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal plat beton bertulang 253 mm (plat = 200 mm+*steel deck* =53 mm). Tulangan terpasang arah melintang D16–150 dan arah memanjang Ø12 – 400.
4. Gelagar memanjang menggunakan WF 588.300.12.20, didapatkan lendutan $\Delta_{Terjadi} = 0,478$ cm $< \Delta_{Ijin} = 1,0$ cm.
5. Gelagar melintang menggunakan WF 1000.450.16.32 dalam keadaan setelah komposit, didapatkan lendutan $\Delta_{Terjadi} = 0,265$ cm $< \Delta_{Ijin} = 1,25$ cm.
6. Penggantung lantai kendaraan menggunakan produk dari *Macalloy 520 Bar System* dengan tipe M76 berdiameter Ø72 mm, didapatkan dalam keadaan kabel putus 1 gaya yang bekerja $N_u = 1888,53$ kN $< \phi N_n = 1905,464$ kN.

7. Rangka utama menggunakan profil baja dengan demensi sesuai pada tabel 12.1, sebagai berikut:

Tabel 12. 1 Penggunaan Profil Rangka Utama

MAIN SPAN	Ratio	SIDE SPAN	Ratio
Batang Busur Bawah		Batang Horizontal Atas	
WFB 750.800.40.45	0.985	WFB 750.400.25.30	0.511
WFB 750.450.32.38	0.847	WFB 750.200.10.20	0.718
WFB 750.400.22.25	0.919	Batang Horizontal Bawah	
WFB 750.300.22.25	0.499	WFB 750.250.12.14	0.515
Batang Busur Atas		WFB 750.200.10.15	0.423
WFB 750.400.25.30	0.756	Batang Vertikal	
WFB 750.400.32.38	0.911	WFB 750.300.20.30	0.251
Batang Vertikal		WF 750.300.22.25	0.445
WFB 750.600.32.38	0.531	WF 750.200.12.15	0.425
WF 750.600.30.32	0.7	Batang Diagonal	
WF 750.450.10.20	0.849	WFB 750.450.22.25	0.785
WF 750.300.22.25	0.735	WF 750.500.32.38	0.536
Batang Diagonal		WF 750.400.25.28	0.829
WFB 750.450.22.25	0.8		
WF 750.350.22.25	0.715		
WF 750.300.12.20	0.699		
Tie Beam			
WF 1100.500.20.28	0.482		

8. Sambungan menggunakan baut mutu (A325), sambungan las menggunakan EXX70, dan plat penyambung Bj 55.
9. Struktur skunder berupa ikatan angin busur atas, busur bawah dan lantai kendaraan dengan demensi profi pada tabel 12.2.

Tabel 12. 2 Penggunaan Profil Ikatan Angin Jembatan

Ikatan Angin Main Span	Ratio	Ikatan Angin Side Span	Ratio
Busur Atas		Bagian Atas	
Ø 18"	0.753	Ø 12,7"	0.753
Ø 16"	0.903	Ø 18"	0.511
Ø 12,7"	0.713	Lantai Kendaraan	
WF 500.200.10.16		2 L 150.150.15	0.727
Busur Bawah		Bracing	
Ø 12,7"	0.728	Ø 8,6"	0.658
Ø 18"	0.614		
WF 500.200.10.16	0.583		
WF 400.200.8.13	0.86		
Lantai Kendaraan			
2 L 150.150.15	0.595		
Bracing			
Ø 10,7"	0.569		
Ø 14"	0.483		
Ø 8,6"	0.698		
Ø 12,7"			
WF 1000.450.16.32	0.547		

10. Perletakan menggunakan *Pot. Bearing* dengan 3 jenis, yaitu *Fixed* (TF) , *Guided* (Tge), dan *Free* (TGa). Pada perencanaan perletakan ini menggunakan produksi dari *Mageba Bearing*.

12.2. Saran

Dengan adanya perencanaan modifikasi jembatan Sei Segah dengan menggunakan sistem rangka baja berbentuk busur sehingga mengurangi penggunaan pilar pada jembatan dikarenakan adanya transportasi air dan kuat melayani beban layan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amon, Rene, 1988, ***Baja – Konstruksi***, Jakarta, PT. Pradnya Paramita
- Aristadi, Dien., 2006, ***Analisa Sistem Rangka Baja Pada Struktur Jembatan Busur Rangka Baja***.
- Asiyanto, (2005), ***Metode Konstruksi Jembatan Baja***, Jakarta, UI-Press.
- Braja M. Das, (1998), ***Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknik)***, Jakarta, Erlangga.
- Chen, Wai-Fah, Duan, Lian., 2000, ***Bridge Engineering Handbook***, Boca Raton. London
- Departemen PU Bina Marga., 1992, ***Bridge Management System (BMS)***.
- Hool, G.A., & Kinne, W.S., 1943, ***Moveable And Long-Span Steel Bridges (Second Edition.)***, New York & London, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Irawan, Djoko., ***Diklat Kuliah Konstruksi Jembatan***. Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Salmon, Charles G., 1986, ***Struktur Baja: Disain dan Perilaku Jilid 1.***, Jakarta, Erlangga.
- Setiawan, Agus., 2008, ***Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)***, Jakarta, Erlangga

Standart Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005, ***Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.***, Departemen Pekerjaan Umum.

Standart Nasional Indonesia (SNI 1729:2015), ***Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.***, Departemen Pekerjaan Umum.

Standart Nasional Indonesia (SNI 1725:2016), ***Standar Pembebanan Untuk Jembatan.***, Departemen Pekerjaan Umum.

Standart Nasional Indonesia (SNI 1726-201X), ***Standar Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.***, Departemen Pekerjaan Umum.

Struyk, H.J., 1984, ***Jembatan***, Jakarta, PT. Pradnya Paramita

Sugihardjo, Hidayat., ***Diktat Kuliah Jembatan Bentang Panjang.*** Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wahyudi, Herman., 1999, ***Daya Dukung Pondasi Dalam***, Surabaya.

Victor, Djohnson, (1980), ***Essentials of Bridge Engineering***, New Delhi, Oxford & IBH Publishing CO, Third Edition.

Zderic, Zeljco., 2008, ***Cantilever Erection of Arch Bridge.*** Kroasia

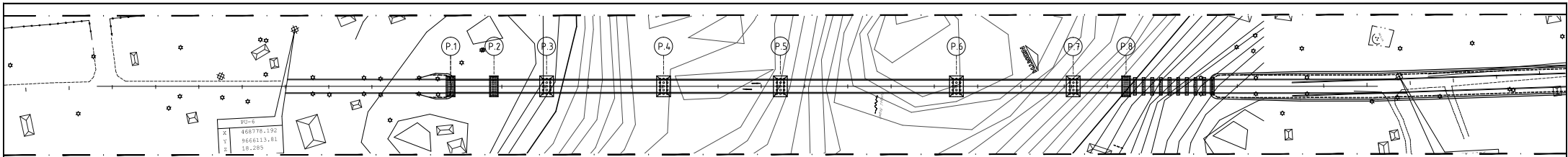
BIODATA PENULIS



Seno Maris Utomo adalah nama penulis tugas akhir ini. Penulis lahir dari orang tua Ir. Sumarti dan Ismi Yuniarsih sebagai anak pertama dari empat bersaudara. Penulis dilahirkan di Kreung Geukeuh, Aceh Utara pada tanggal 3 Februari 1993. Sebelumnya penulis pernah mengenyam pendidikan di TK Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara, SD Pupuk Iskandar Muda Aceh Utara, SMP Mutiara 17 Agustus I Bekasi dan SMKN 52 Jakarta. Setelah menyelesaikan studinya di SMKN 52 Jakarta, Penulis melanjutkan pendidikan di Politeknik Negeri Jakarta jurusan teknik sipil dengan program studi Diploma III bidang konsentrasi Konstruksi Sipil yang ditempuh selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2014, Penulis melanjutkan studi ke jenjang sarjana di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3114 106 057. Di Jurusan Teknik Sipil ini, penulis mengambil bidang studi struktur sebagai tugas akhir.

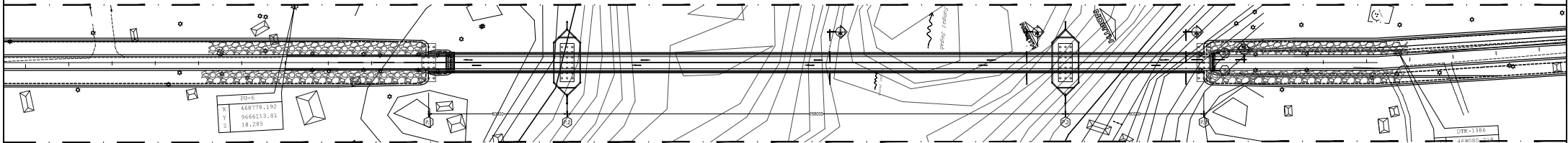
Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan. Untuk menghubungi penulis terkait tugas akhir ini dapat menghubungi pada alamat email berikut senomarisutomo@gmail.com

LAMPIRAN



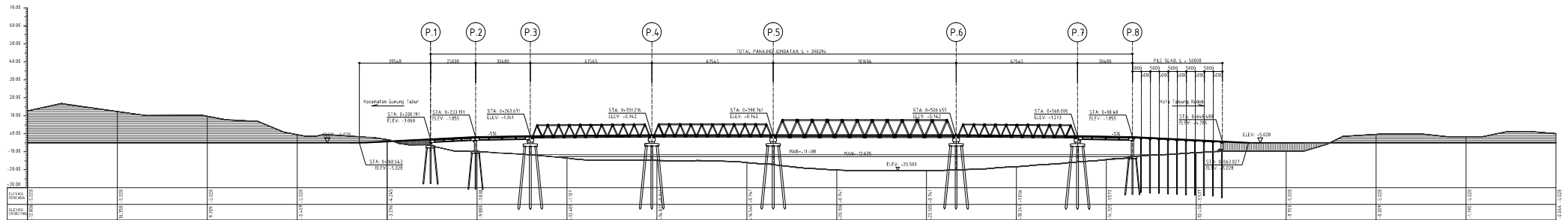
DENAH SITUASI EXISTING

SKALA 1:350 VIEW



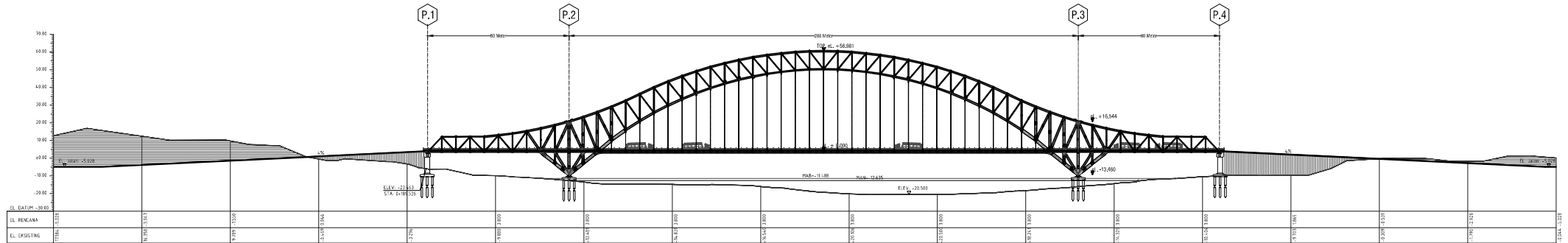
DENAH SITUASI MODIFIKASI

SKALA 1:350 VIEW




TAMPAK MEMANJANG EXISTING

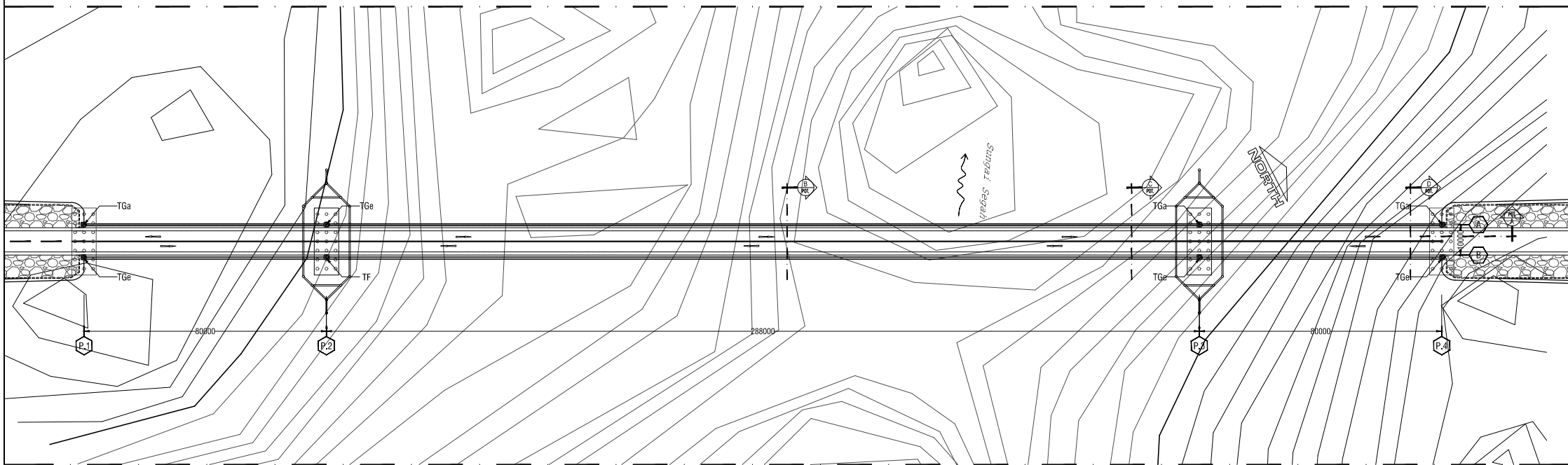
SKALA 1:350 VIEW



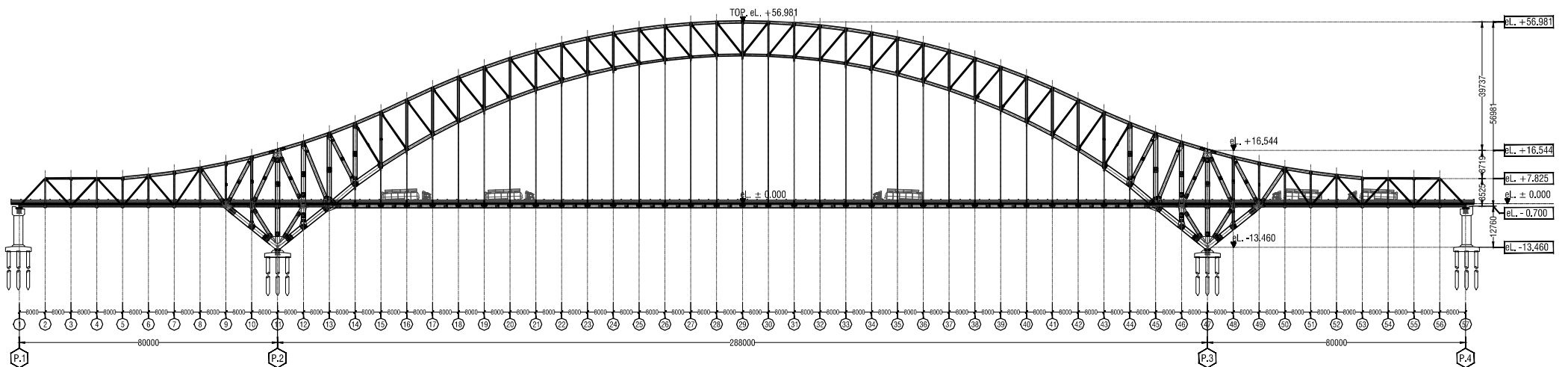
TAMPAK MEMANJANG MODIFIKASI

SKALA 1:350 VIEW


KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENIO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DENAH SITUASI JEMBATAN TAMPAK MEMANJANG	1: 3150 1: 3150	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DIGAMBAR	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DIGAMBAR	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	01	29			

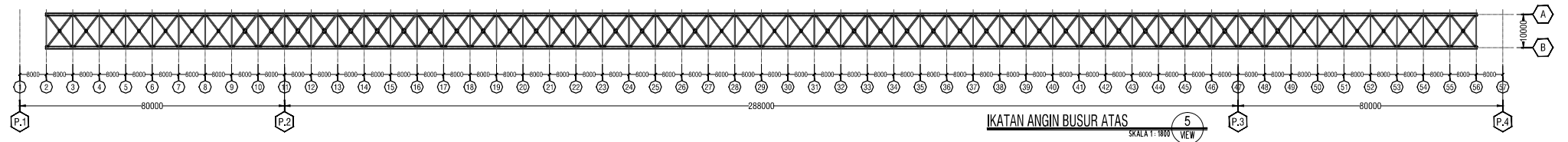
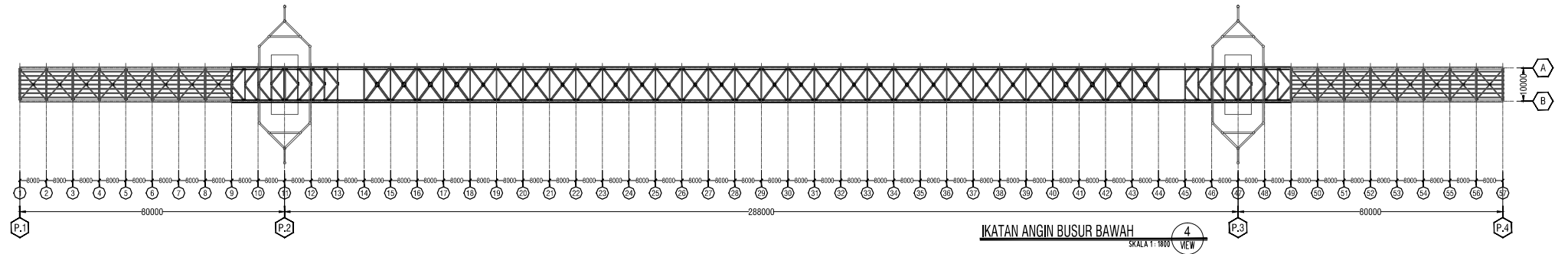
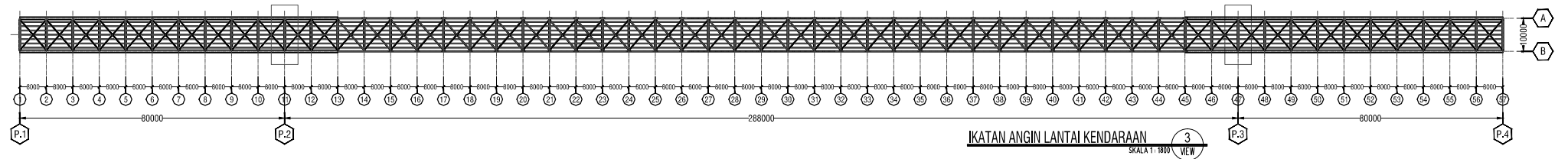
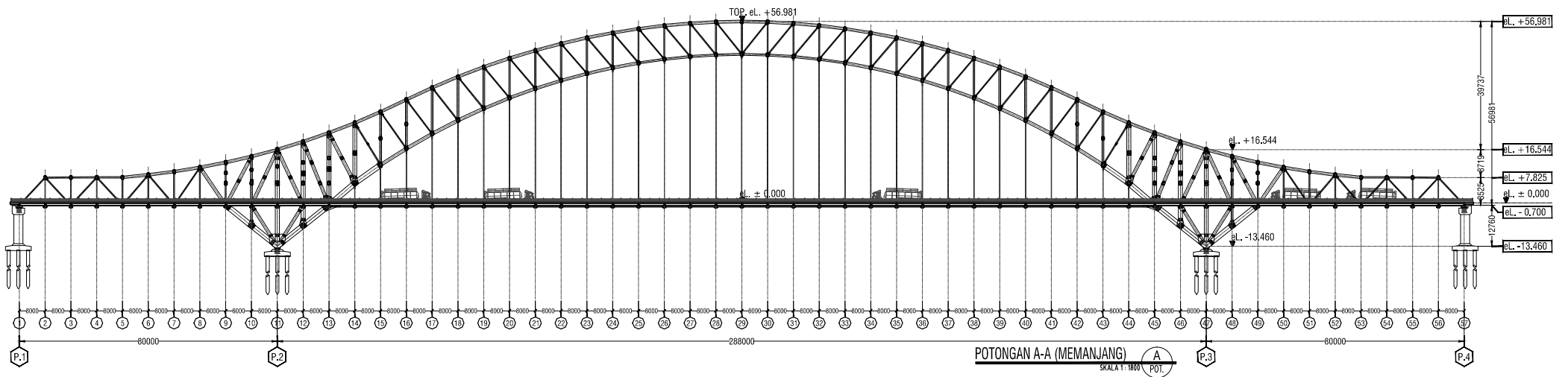


DENAH SITUASI MODIFIKASI
SKALA 1:1800
1
VIEW



TAMPAK MEMANJANG
SKALA 1:1800
2
VIEW

KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DENAH SITUASI JEMBATAN TAMPAK MEMANJANG	1:1800 1:1800	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	02	29			



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	POTONGAN A-A (MEMANJANG)	1:1800	JEMBATAN RANGKA BUSUR							
			IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN	1:1800			DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
			IKATAN ANGIN BUSUR BAWAH	1:1800			DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
			IKATAN ANGIN BUSUR ATAS	1:1800			KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	03	29			

IKATAN ANGIN MELINTANG
WF - 500.200.10.16 (MBT. 2)

eL. +56.981

10196

eL. +46.086

56981

46786

eL. ± 0.000

eL. -0.700

12760

eL. -13.460

eL. -16.583

3126

10000

A

B

BUSUR ATAS
WFB - 750.400.32.38 (BA. 2)

VERTIKAL
WFB - 750.300.22.25 (BV. 4)

IKATAN SILANG VERTIKAL
HOLLOW SILENDER - Ø 8,6"

IKATAN ANGIN MELINTANG
WF - 500.200.10.16 (MBT. 2)

BUSUR BAWAH
WFB - 750.300.22.25 (BB. 4)

FITTING (GUSSET & PIN)
Macalloy 520 Bar System
Tebal Gusset = 70 mm
Ø Pin = 78,5 mm

KABEL PENGGANTUNG (HANGER)
Macalloy 520 Bar System
M76 = Ø 72 mm (HC. 1)

GELAGAR MEMANJANG
WF - 588.300.12.20 (GM. A)

GELAGAR MELINTANG
WF - 1000.450.16.32 (GM. B)


BATANG TARIK (TIE BEAM)
WF - 1100.300.20.28 (TB.1)

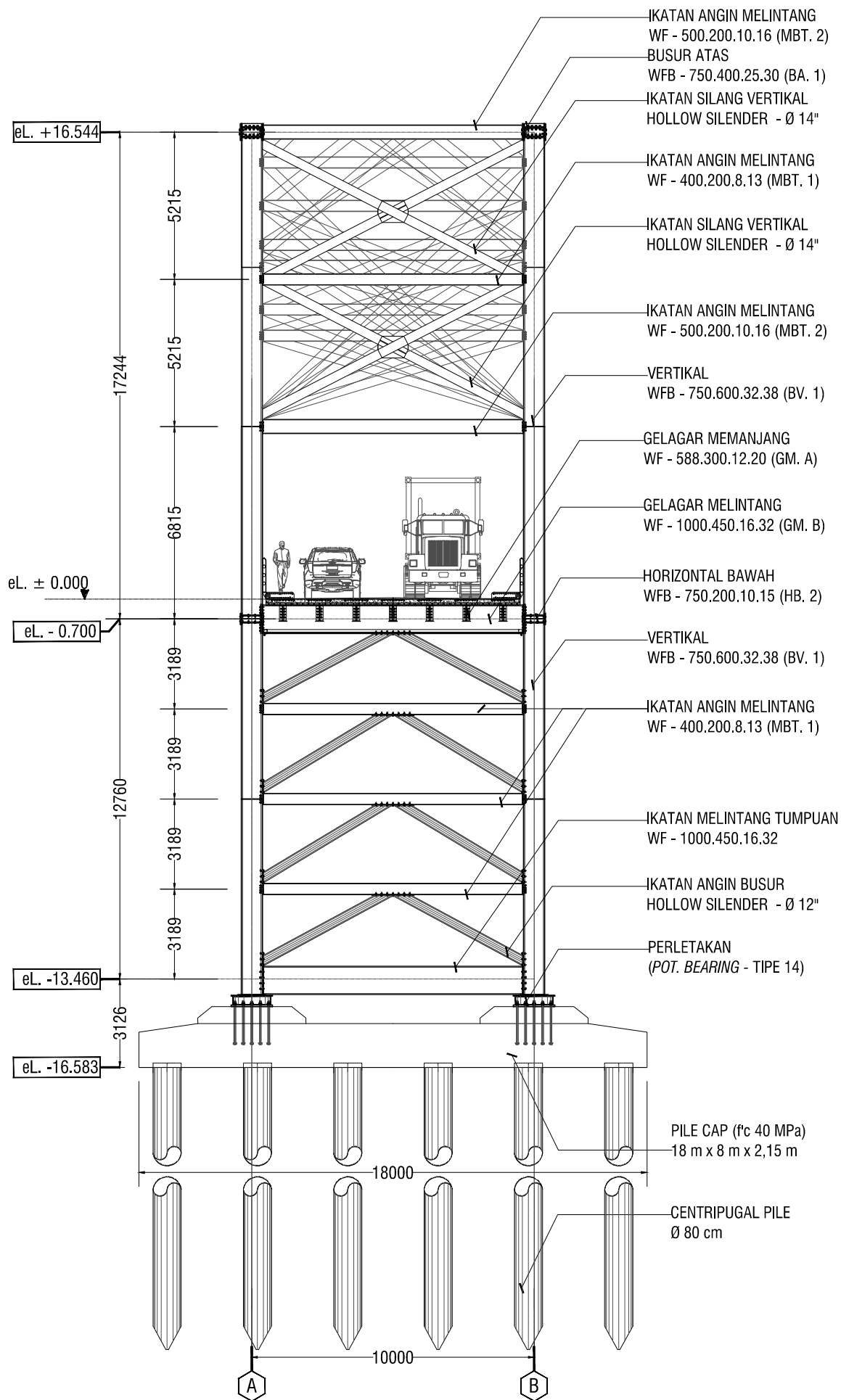
POTONGAN B-B (MELINTANG)

SKALA 1 : 300

9

VIEW

KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENIO	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	POTONGAN B-B (MELINTANG)	1 : 200	JEMBATAN RANGKA BUSUR		SENIO MARIS UTOMO	3114106057					
							DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS					
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS					
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR				
							STR	04	29				




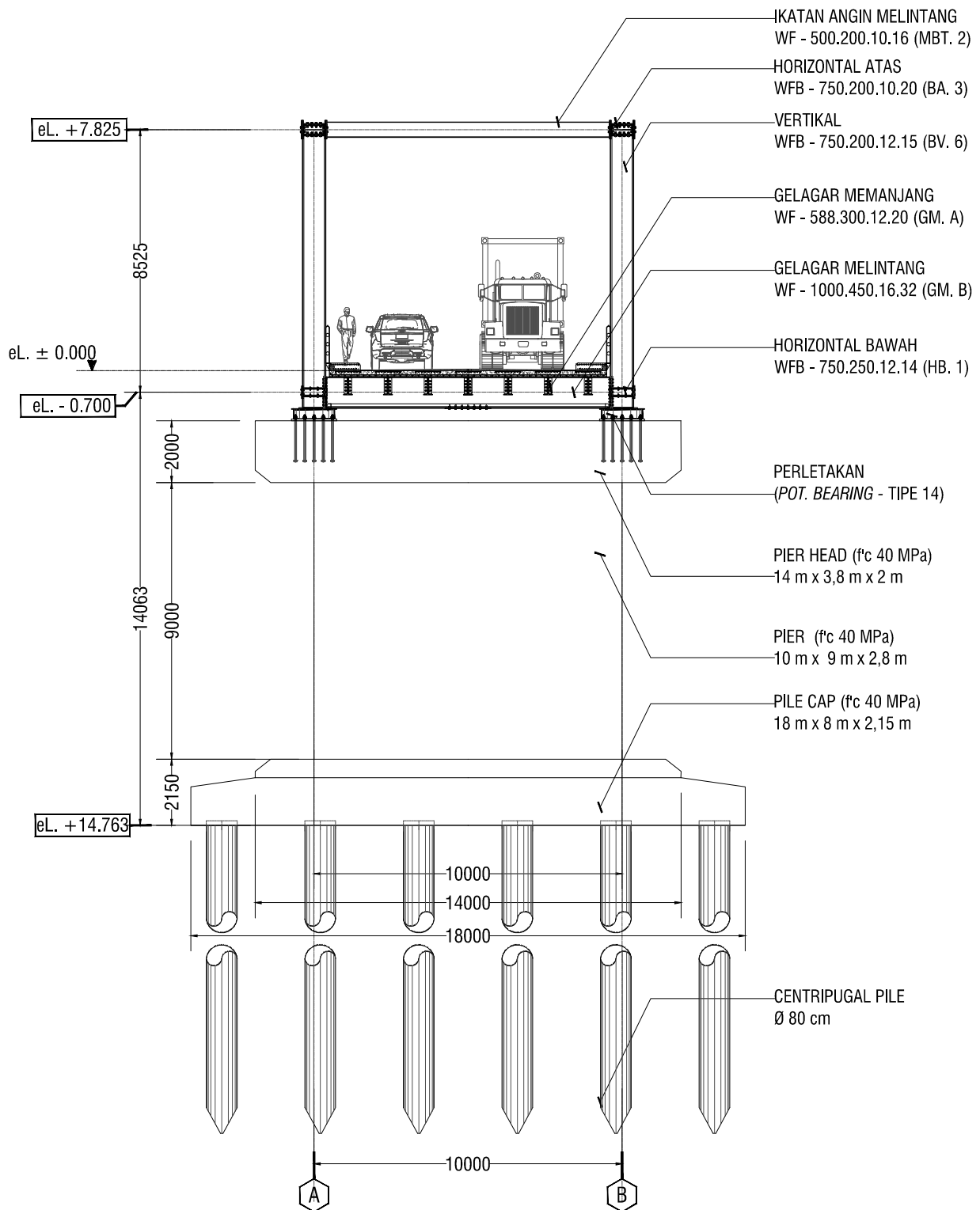
POTONGAN C-C (MELINTANG)

SKALA 1 : 200

10

VIEW

KETERANGAN	PEMBER TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENIO	MARIS	UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	POTONGAN C-C (MELINTANG)	1 : 200	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS						
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS						
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR					
							STR	05	29					




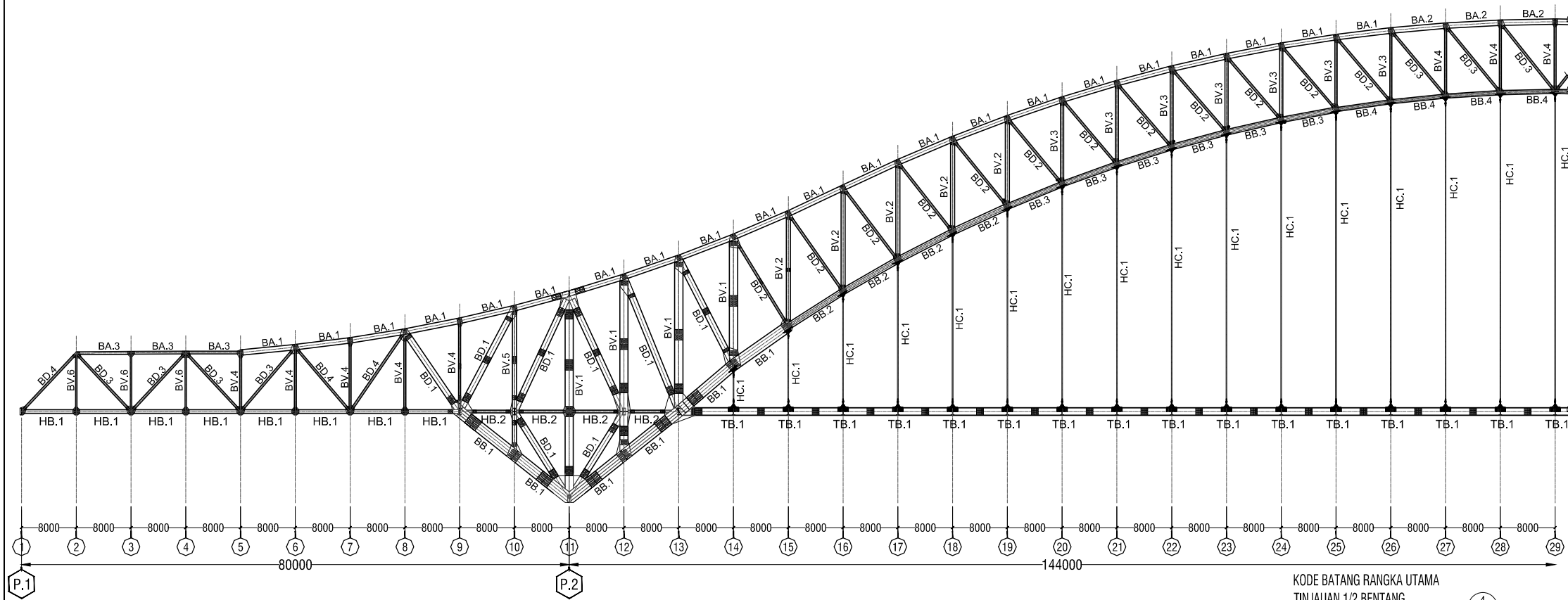
POTONGAN D-D (MELINTANG)


SKALA 1 : 200

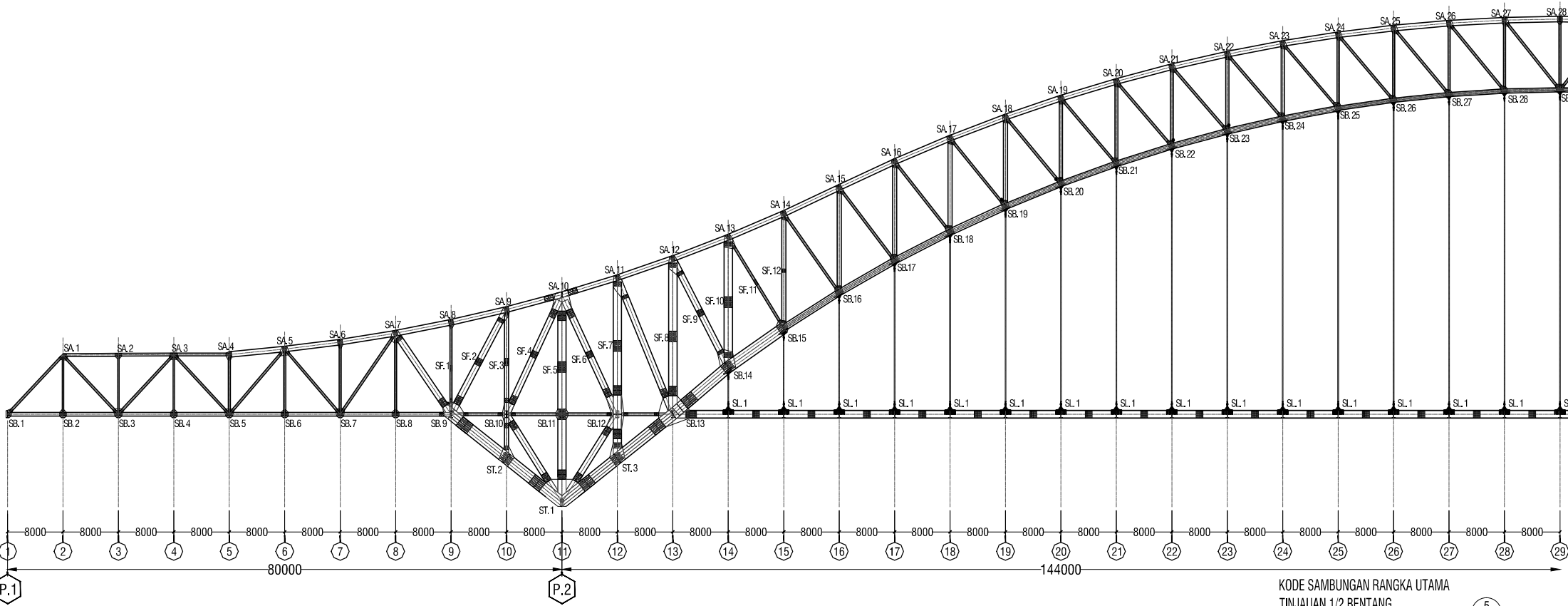
11

VIEW

KETERANGAN	PEMBER TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	POTONGAN D-D (MELINTANG)	1 : 200	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	06	29			



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	KODE BATANG RANGKA UTAMA TINJAUAN 1/2 BENTANG	1: 800	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057			
							DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	07	29			



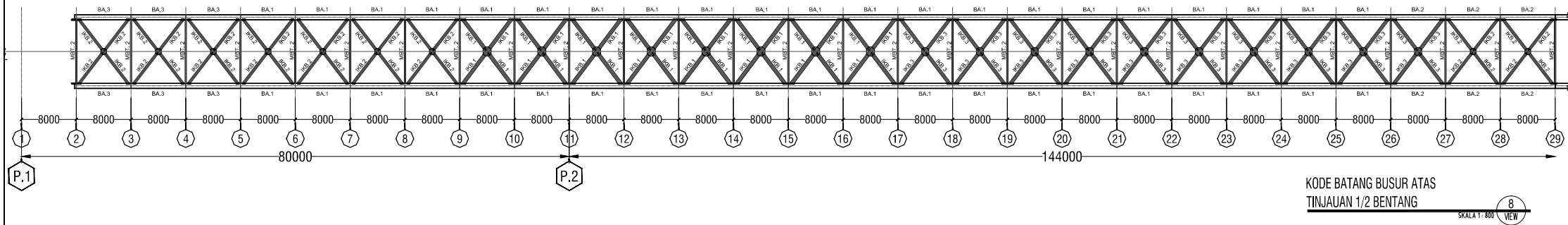
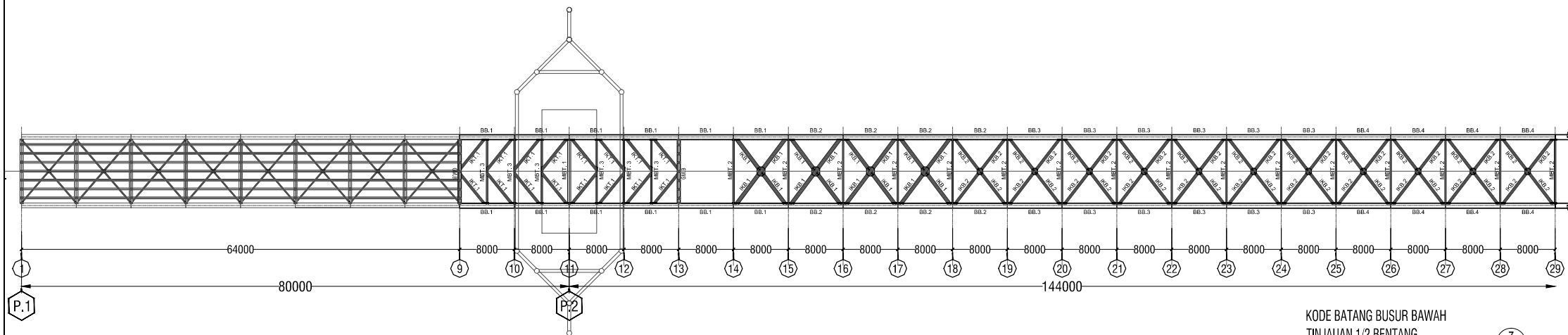
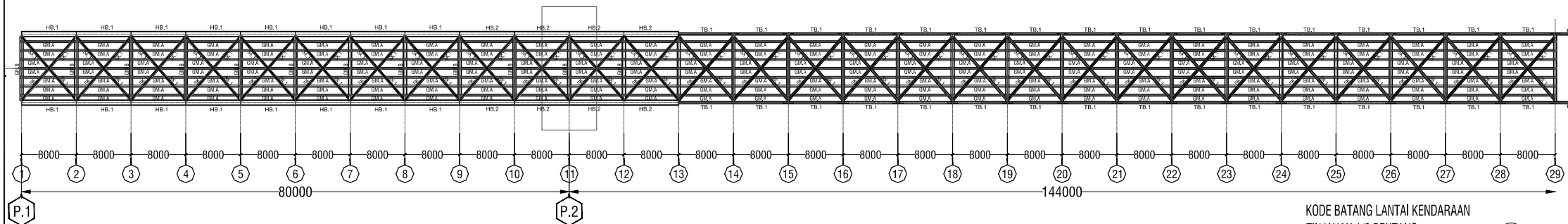
KODE SAMBUNGAN RANGKA UTAMA
TINJAUAN 1/2 BENTANG

5

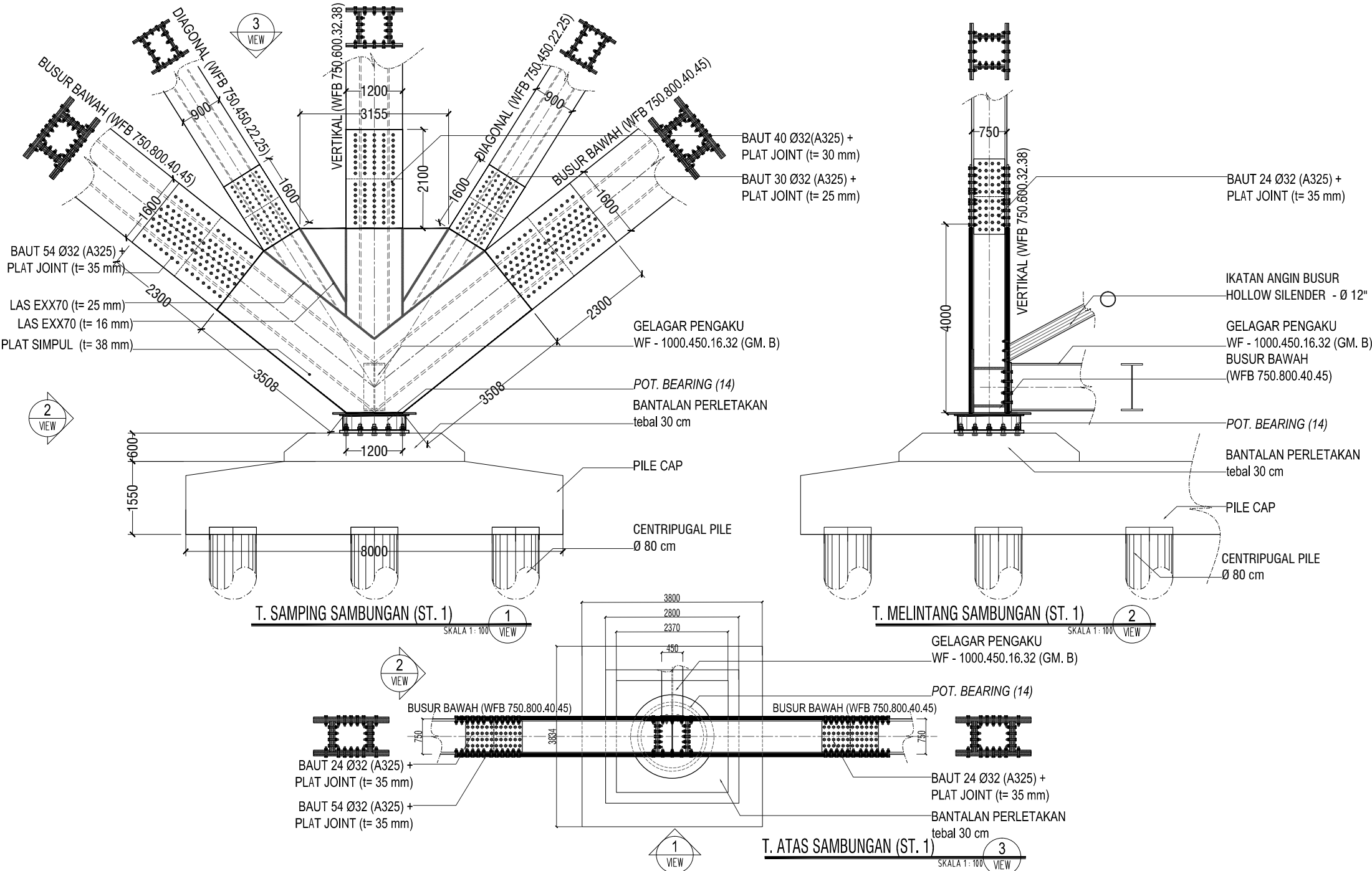
SKALA 1 : 800

VIEW

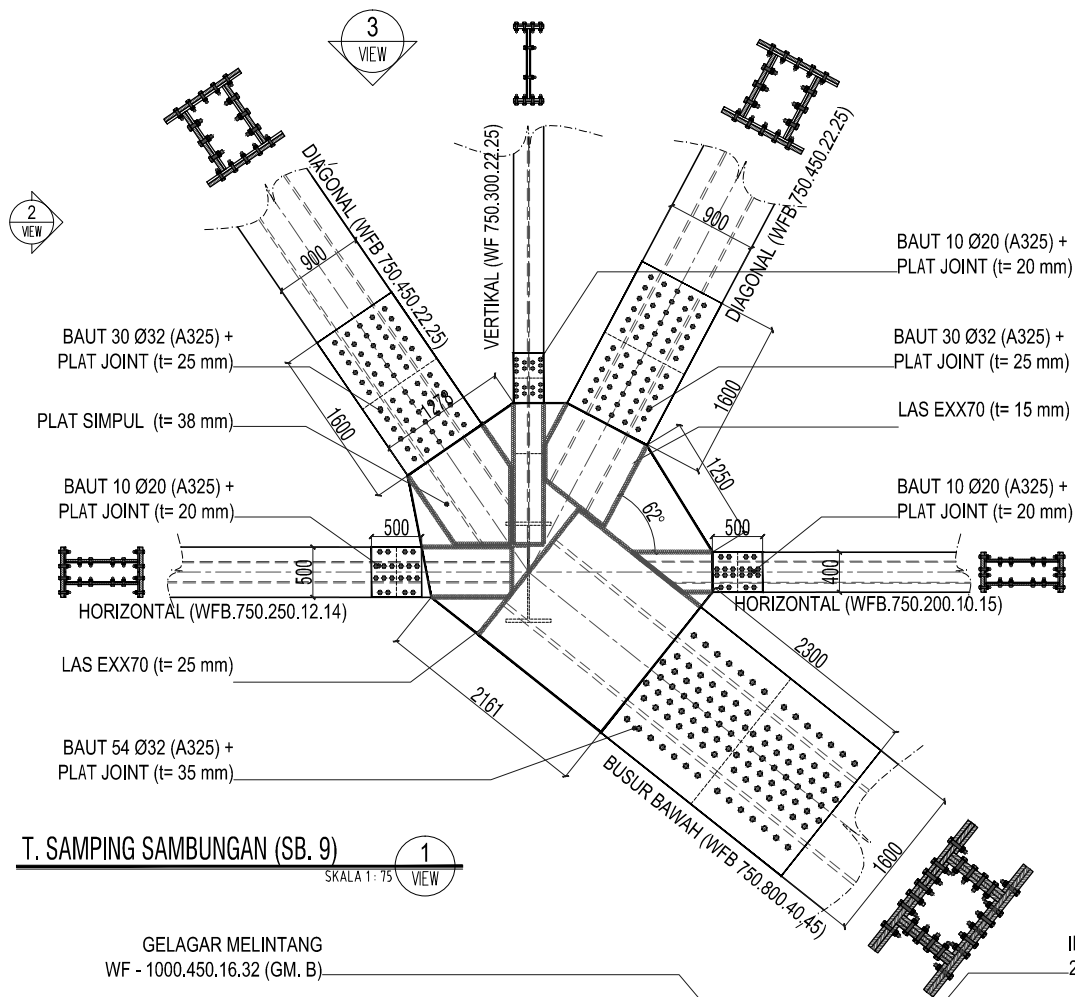
KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	KODE SAMBUNGAN RANGKA UTAMA TINJAUAN 1/2 BENTANG	1 : 800	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	08	29			



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENIO	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	KODE BATANG LANTAI KENDARAAN TINJAUAN 1/2 BENTANG	1 : 1800	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057				
			KODE BATANG BUSUR BAWAH TINJAUAN 1/2 BENTANG	1 : 1800			DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS					
			KODE BATANG BUSUR ATAS TINJAUAN 1/2 BENTANG	1 : 1800			DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS					
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR		JUMLAH LEMBAR			
							STR	09		29			



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL SAMBUNGAN (ST. 1) Tipe Sambungan - A	1 : 100	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057			
							DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	11	29			



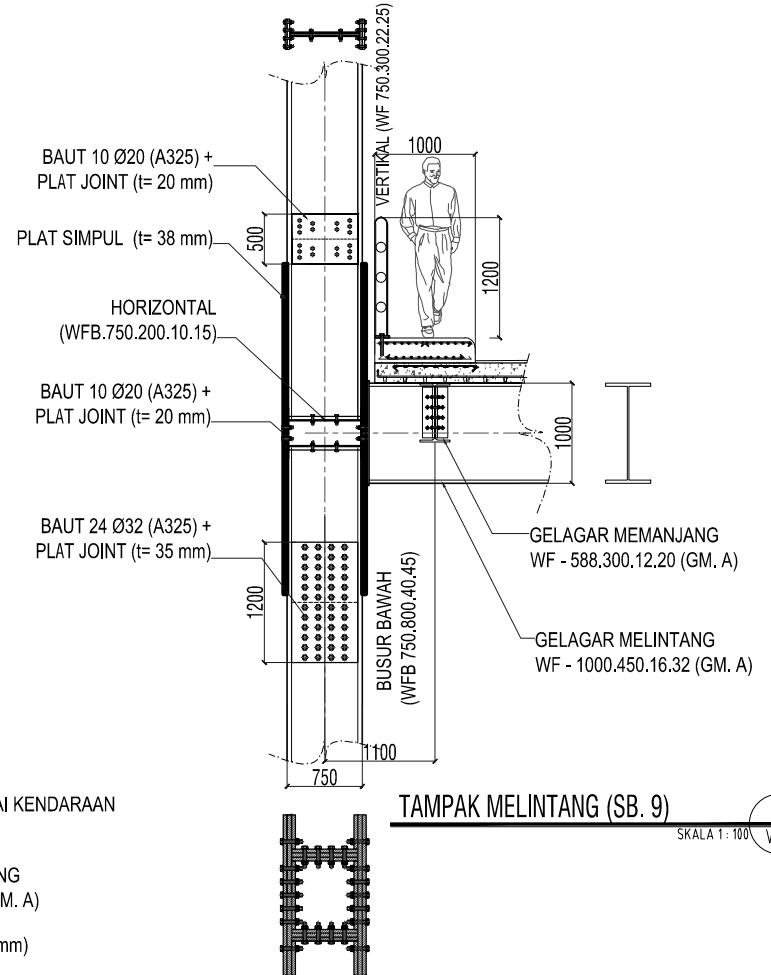
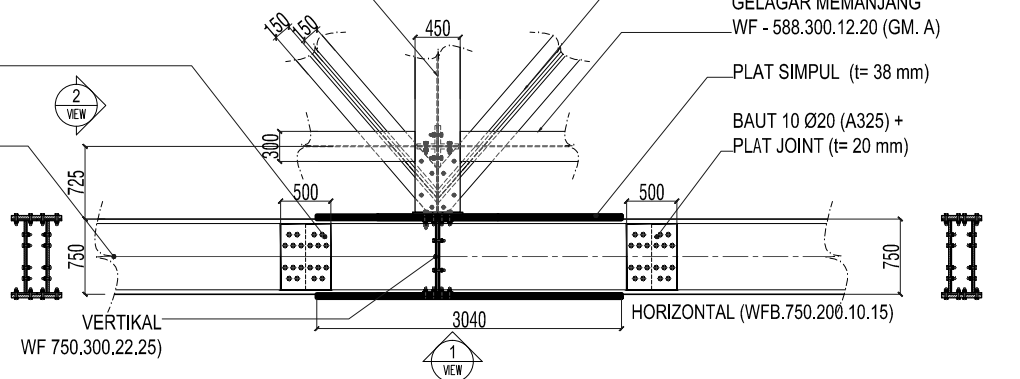
T. SAMPING SAMBUNGAN (SB. 9)

SKALA 1 : 75



TAMPAK ATAS (SB. 9)

SKALA 1 : 100

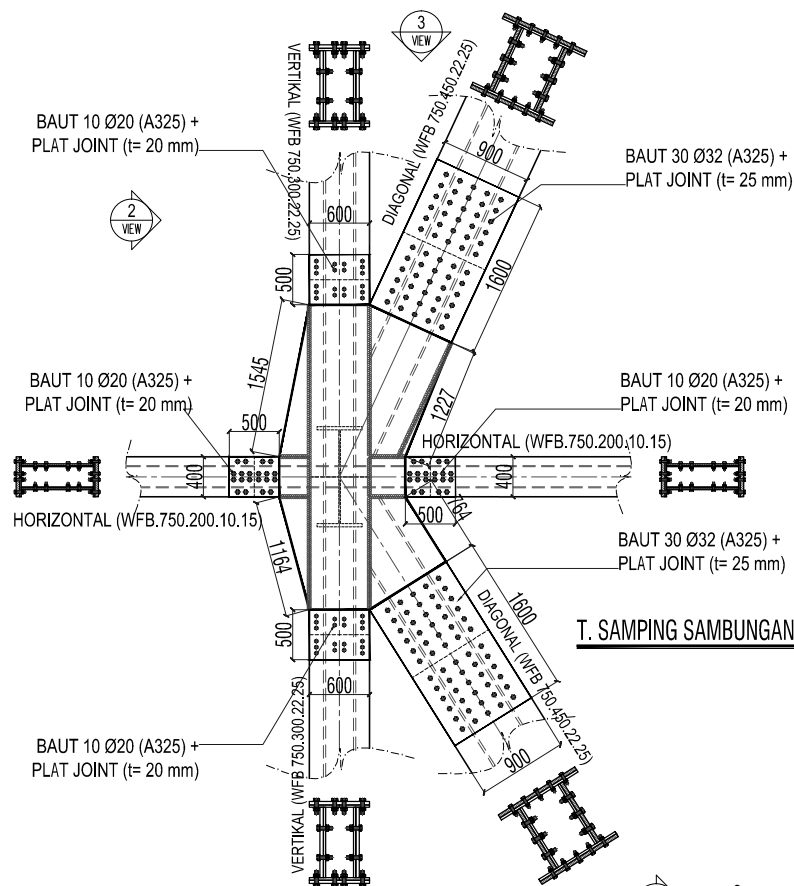


TAMPAK MELINTANG (SB. 9)

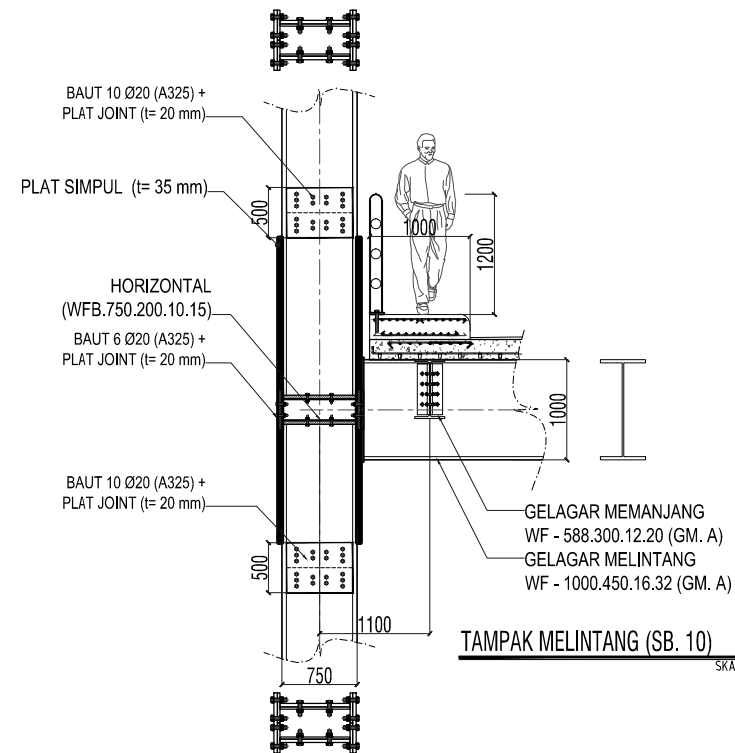
SKALA 1 : 100



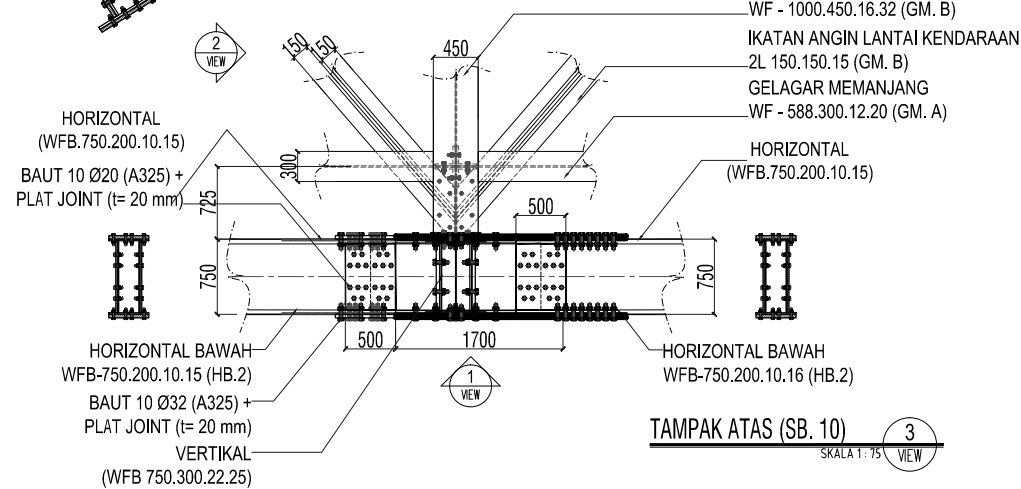
KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL SAMBUNGAN (SB. 9) TIPE SAMBUNGAN - A	1 : 75	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	13	29			



T. SAMPING SAMBUNGAN (SB. 10)

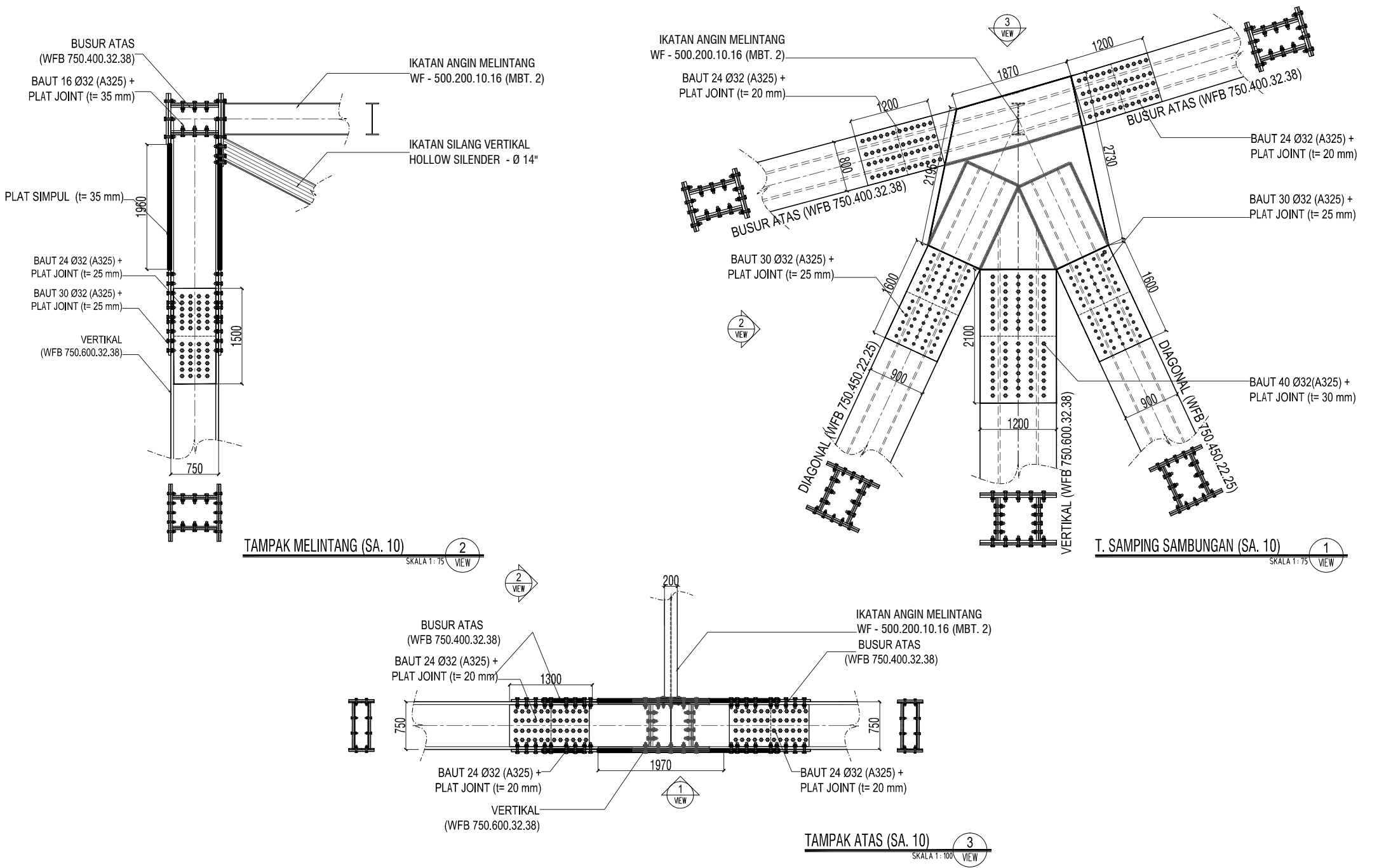



TAMPAK MELINTANG (SB. 10)

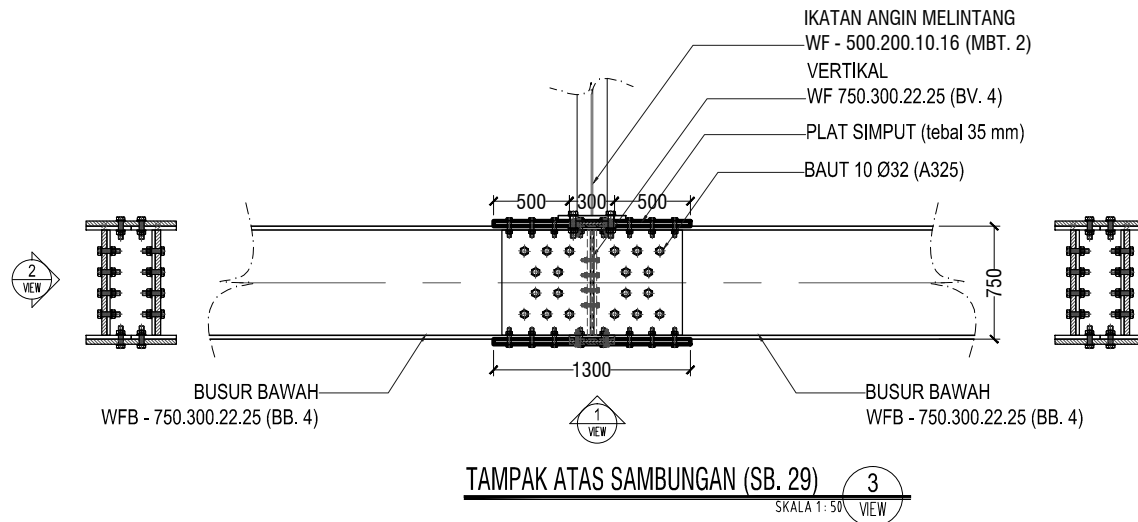
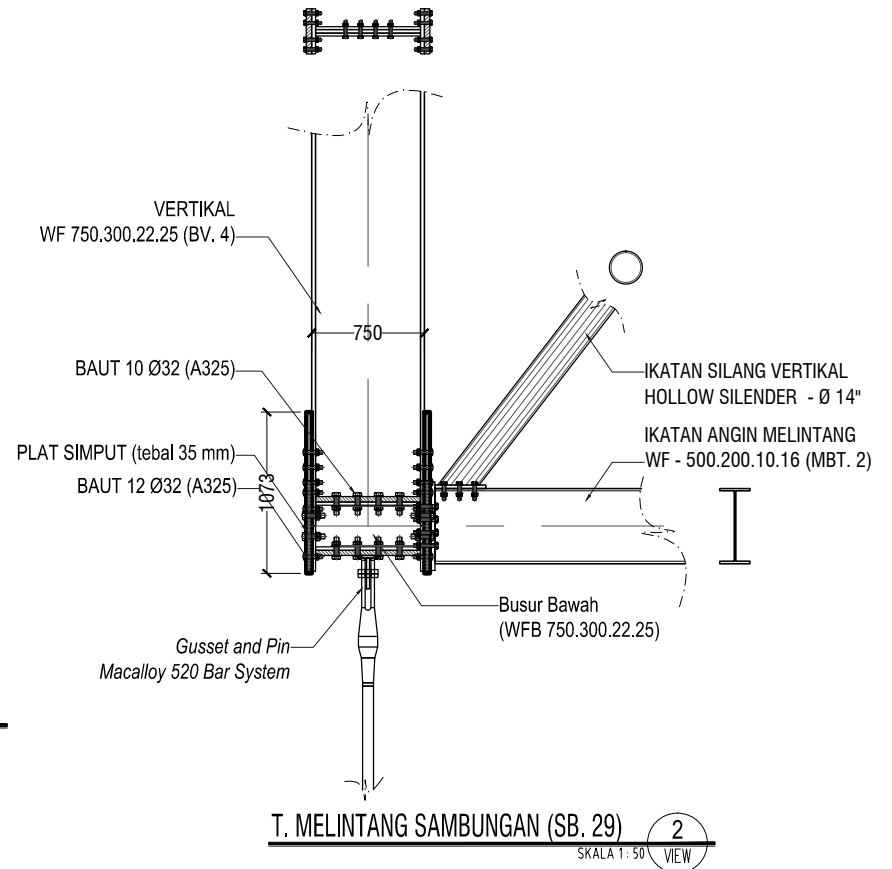
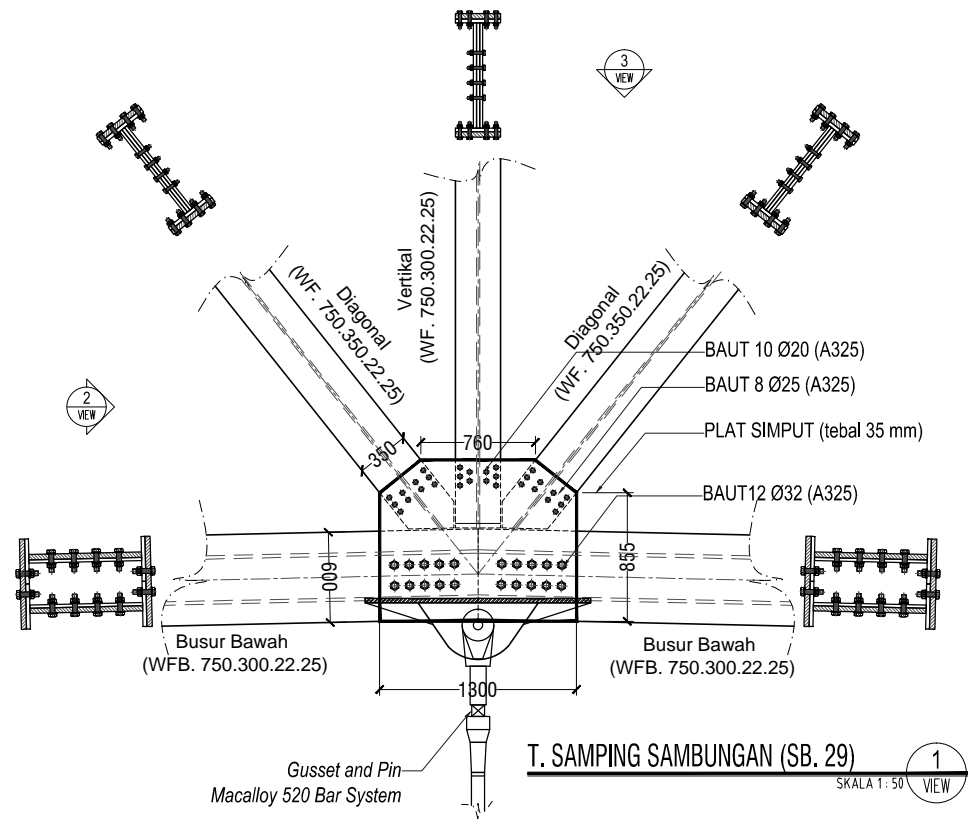


TAMPAK ATAS (SB. 10)

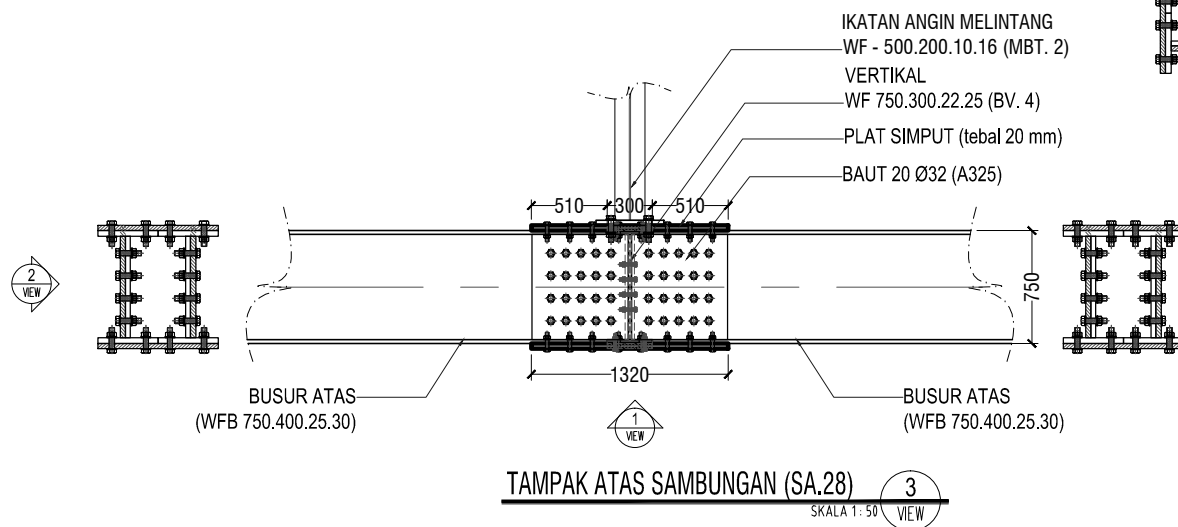
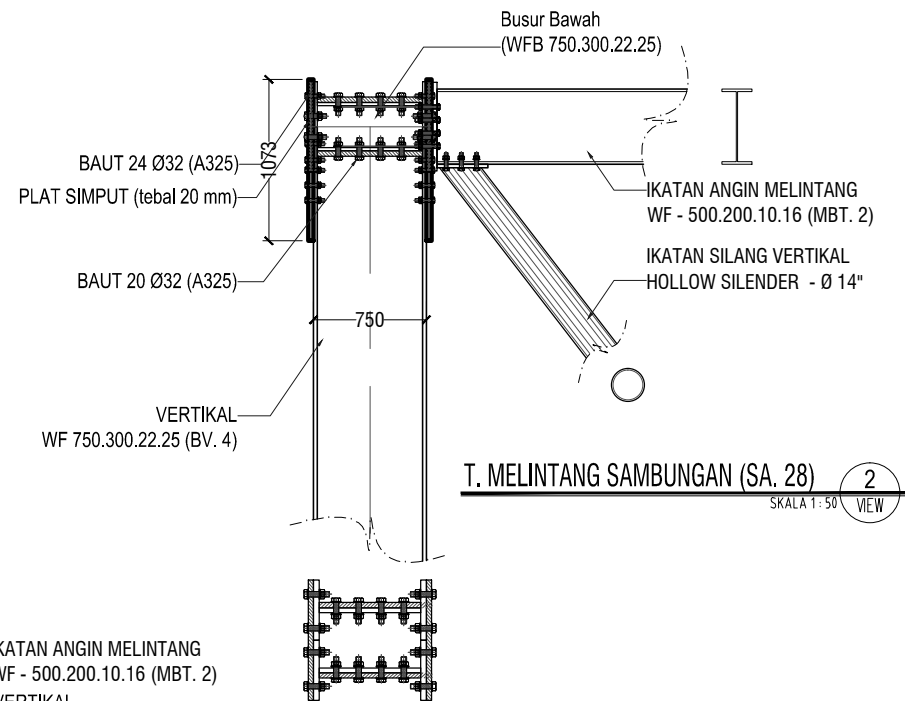
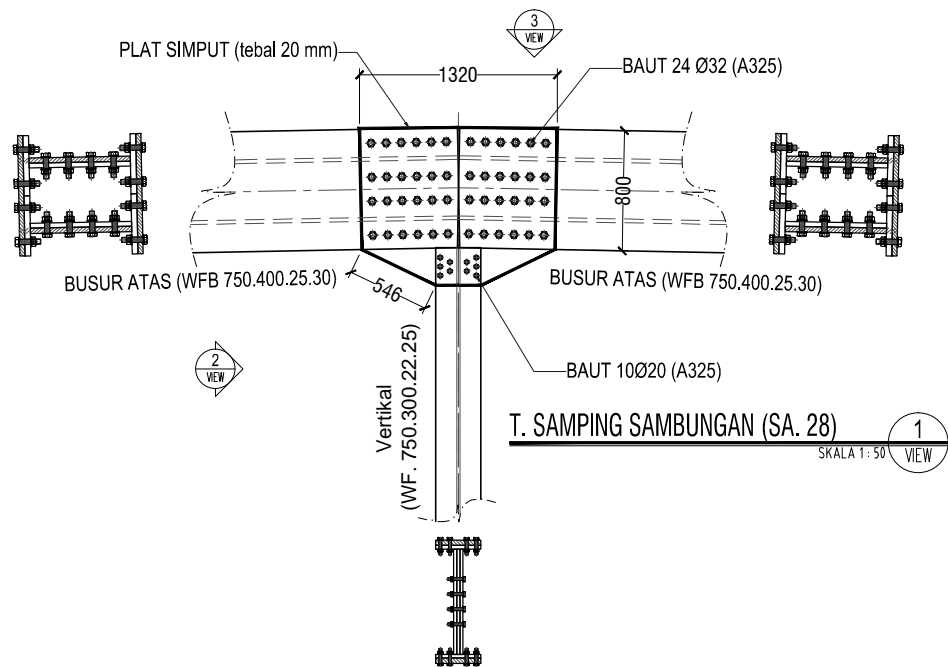
KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBRAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL SAMBUNGAN (SB. 10) TIPE SAMBUNGAN - A	1 : 75	JEMBRAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	15	29			




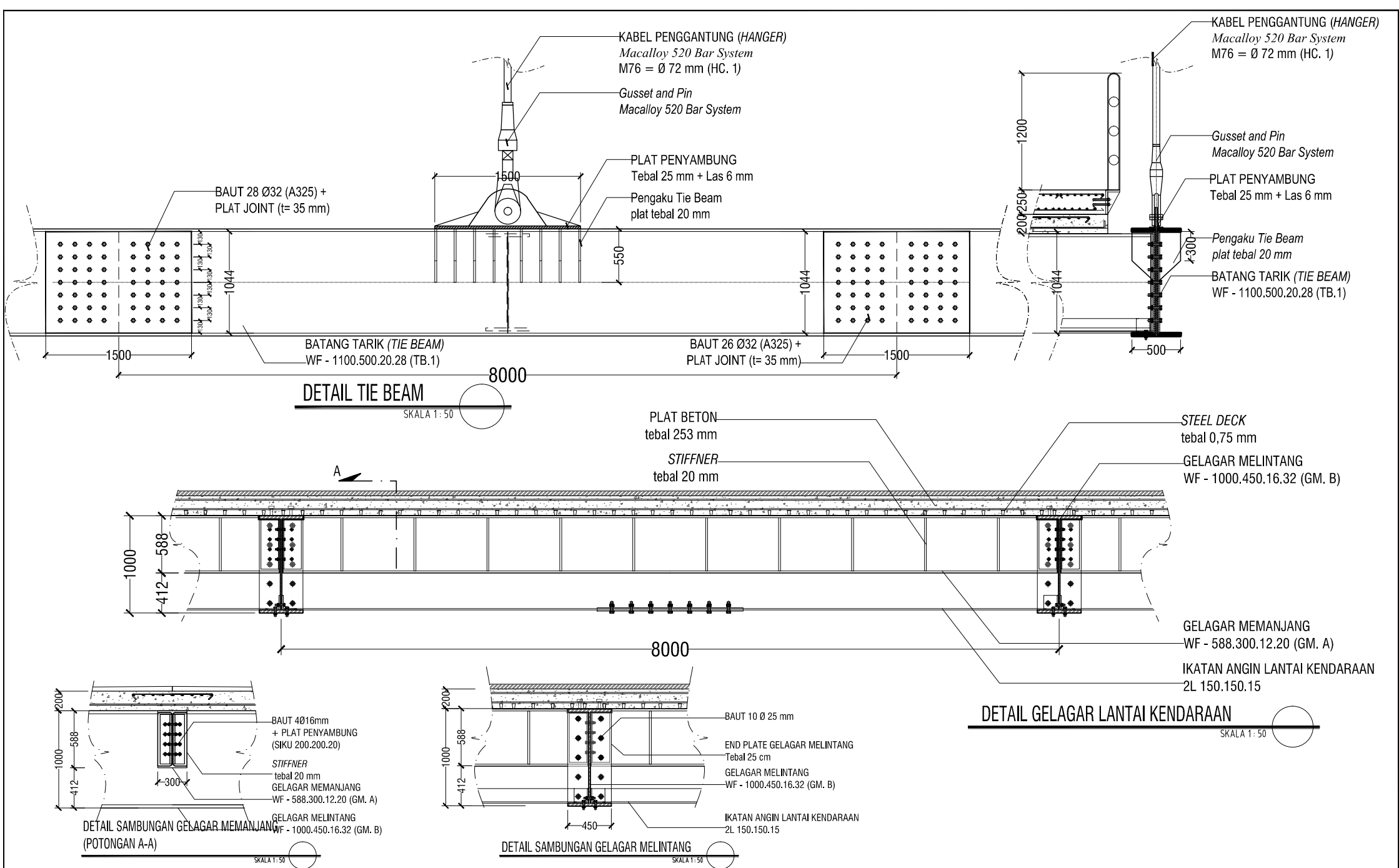
KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBRAN SEGHA DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL SAMBUNGAN (SA. 10) TIPE SAMBUNGAN - A	1 : 75	JEMBRAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	16	29			



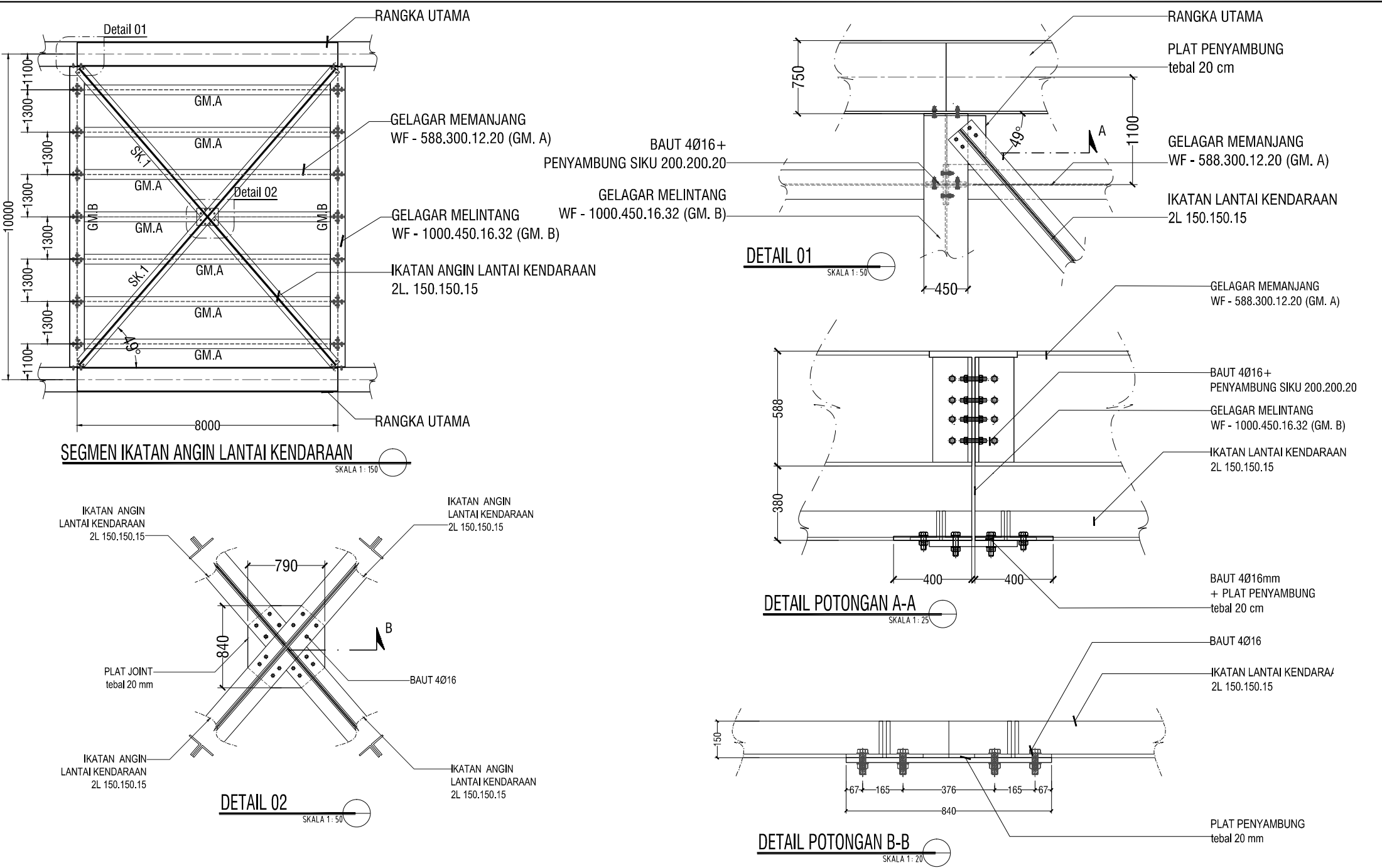
KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL SAMBUNGAN (SB. 29) TIPE SAMBUNGAN - B	1 : 50	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	17	29			



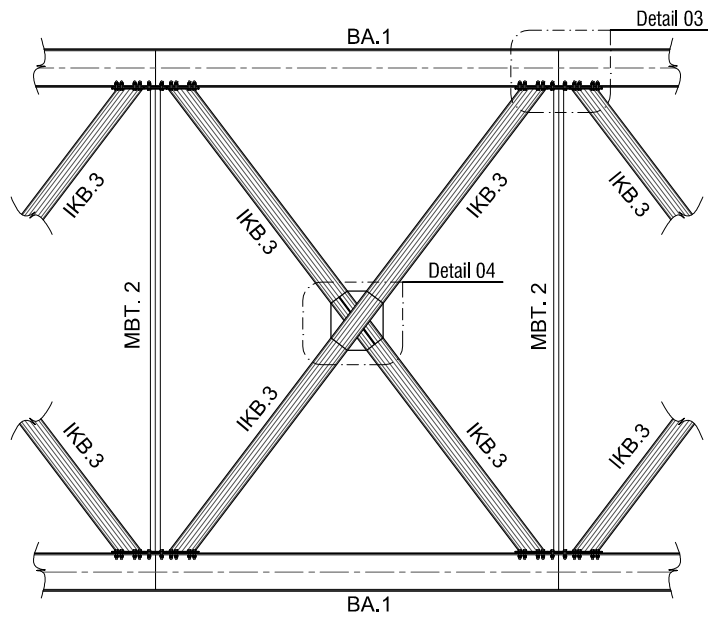
KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL SAMBUNGAN (SB. 28) TIPE SAMBUNGAN - B	1 : 50	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	18	29			



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL TIE BEAM	1 : 50	JEMBATAN RANGKA BUSUR							
			DETAIL GELAGAR LANTAI KENDARAAN	1 : 50			DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
			DETAIL SAMBUNGAN GELAGAR MEMANJANG	1 : 50			DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
			DETAIL SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG	1 : 50			KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	19	29			

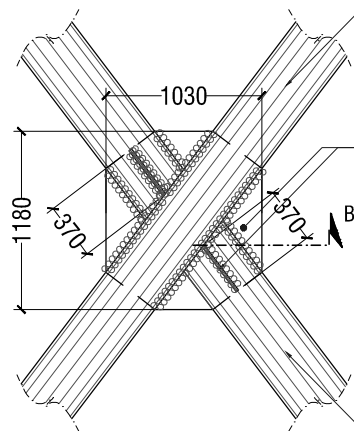


KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL IKATAN ANGIN LANTAI	1 : 150	JEMBATAN RANGKA BUSUR						
			DETAIL 02	1 : 50			DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS			
			DETAIL 04	1 : 50			DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS			
			DETAIL POTONGAN A-A	1 : 25			KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR		
			DETAIL POTONGAN B-B	1 : 20			STR	20	29		



SEGMENT IKATAN ANGIN BUSUR - Tipe 01

SKALA 1: 150



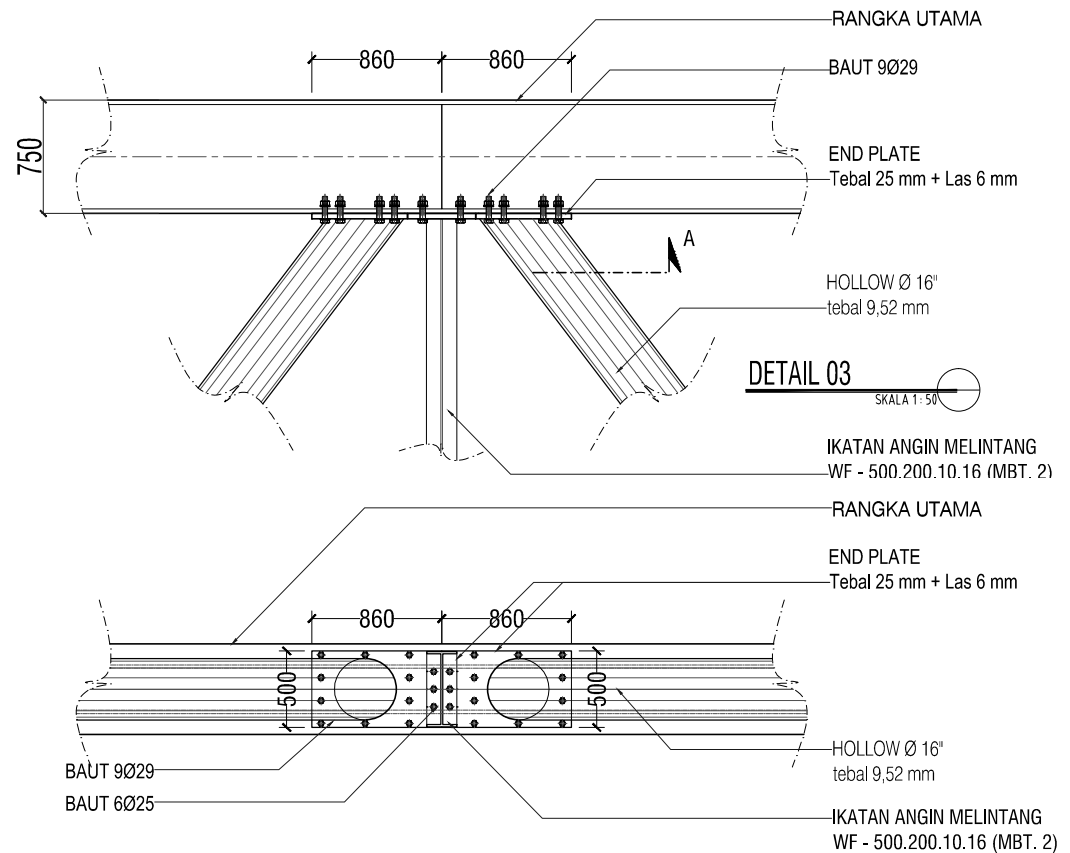
DETAIL 04

SKALA 1: 50

HOLLOW Ø 16"
tebal 9,52 mm

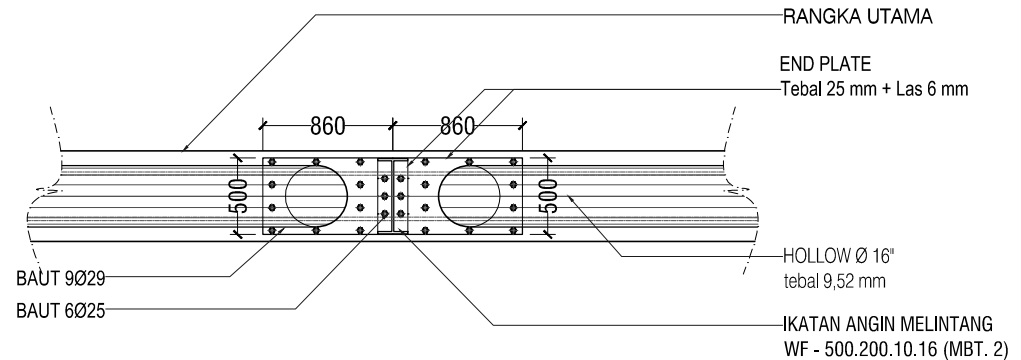
PLAT JOINT
tebal 25 mm + Las 6 mm

HOLLOW Ø 16"
tebal 9,52 mm



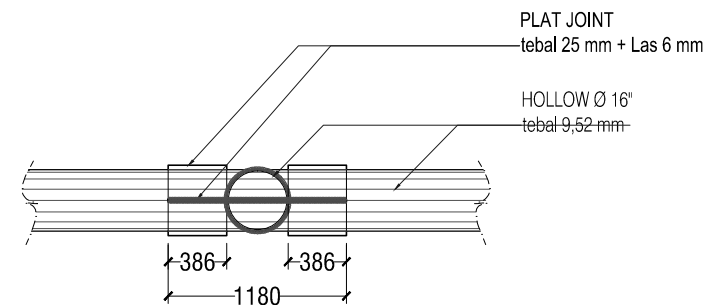
DETAIL 03

SKALA 1: 50



DETAIL POTONGAN A-A

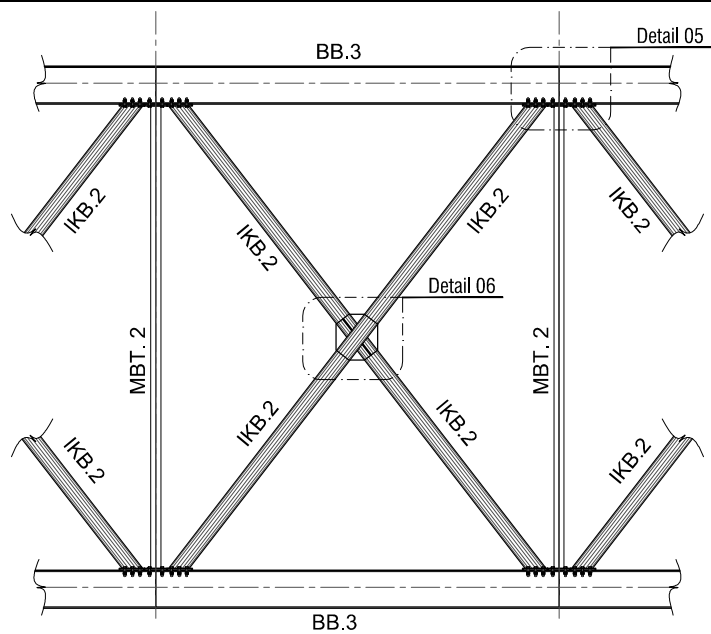
SKALA 1: 50



DETAIL POTONGAN B-B

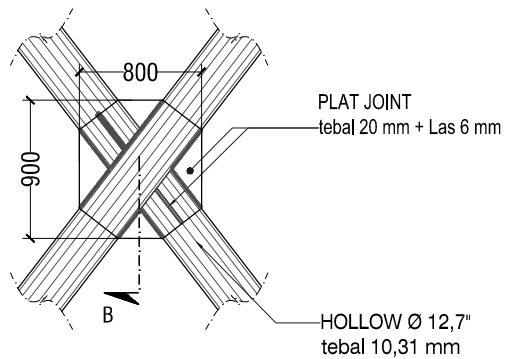
SKALA 1: 50

KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DICAMBAR	SENIO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL IKATAN ANGIN BUSUR	1: 150	JEMBATAN RANGKA BUSUR							
			DETAIL 03	1: 50			DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
			DETAIL 04	1: 50			DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
			DETAIL POTONGAN	1: 50			KODE CAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	21	29			



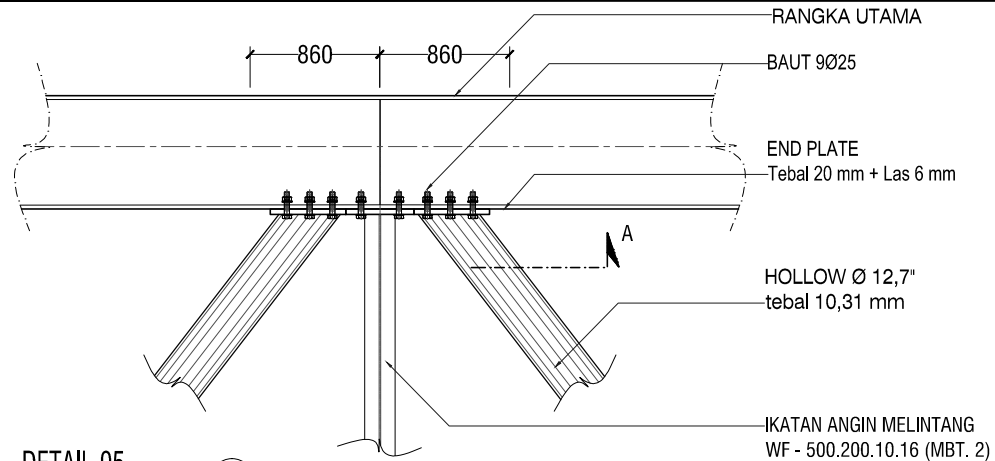
SEGMENT IKATAN ANGIN BUSUR - Tipe 02

SKALA 1 : 150



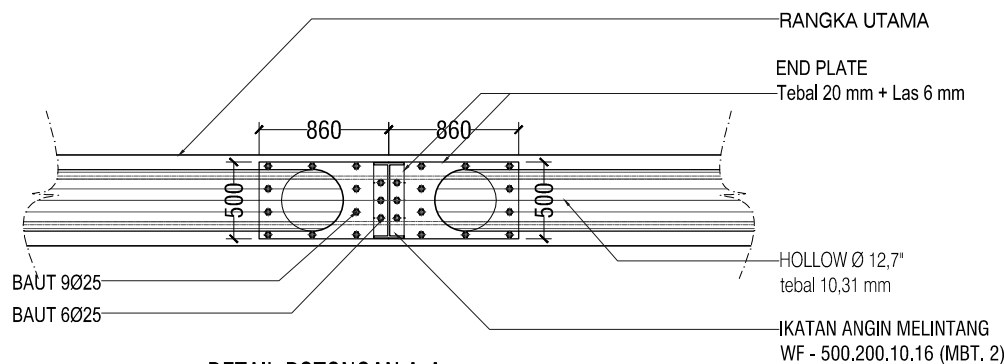
DETAIL 06

SKALA 1 : 50



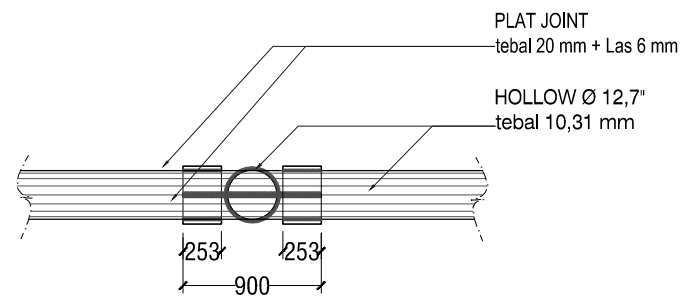
DETAIL 05

SKALA 1 : 50




DETAIL POTONGAN A-A

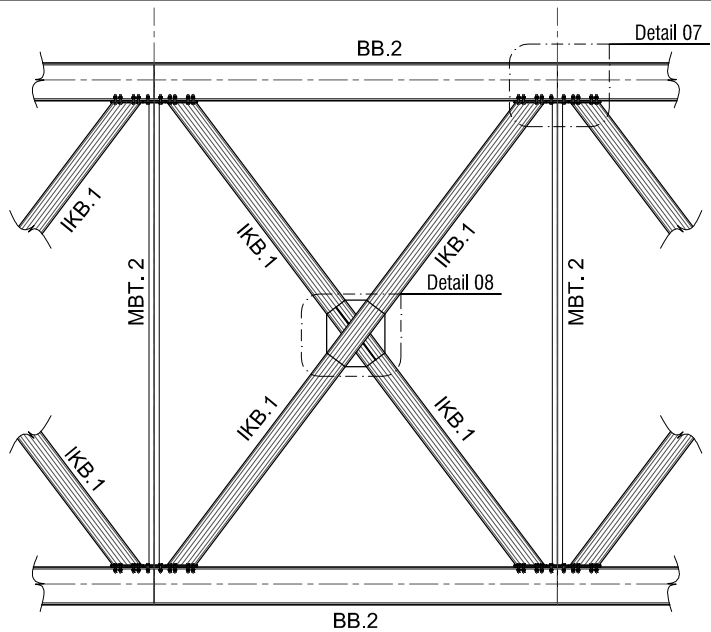
SKALA 1 : 50



DETAIL POTONGAN B-B

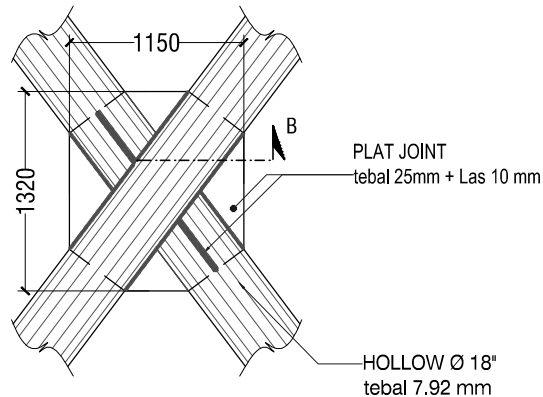
SKALA 1 : 50

KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DICAMBAR	SENIO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBRAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL IKATAN ANGIN BUSUR DETAIL 05 DETAIL 06 DETAIL POTONGAN	1 : 150 1 : 50 1 : 50 1 : 50	JEMBRAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
							KODE CAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	22	29			



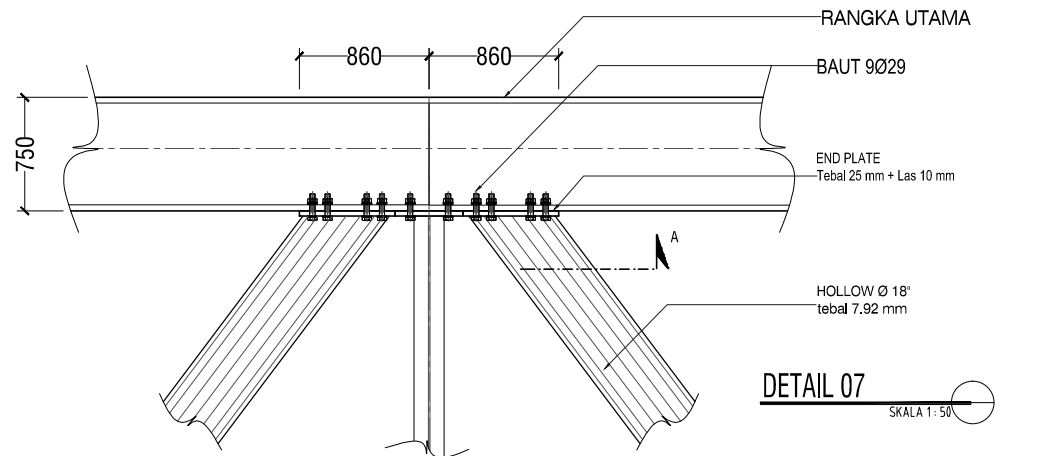
SEGMENT IKATAN ANGIN BUSUR - Tipe 03

SKALA 1 : 50



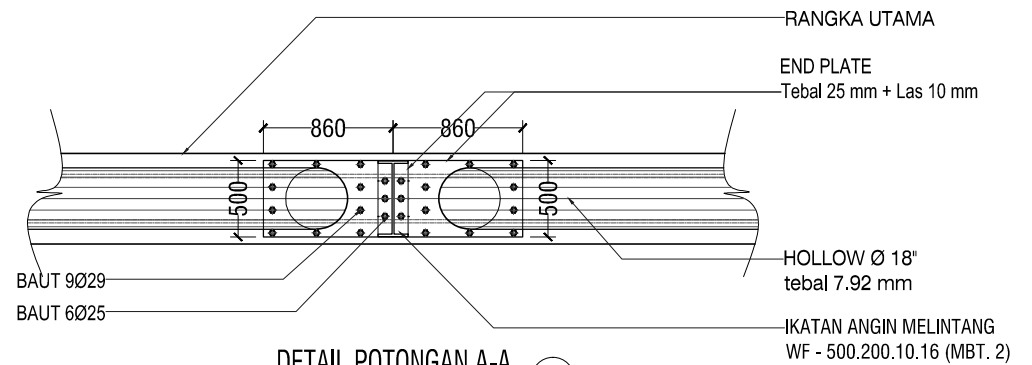
DETAIL 08

SKALA 1 : 50



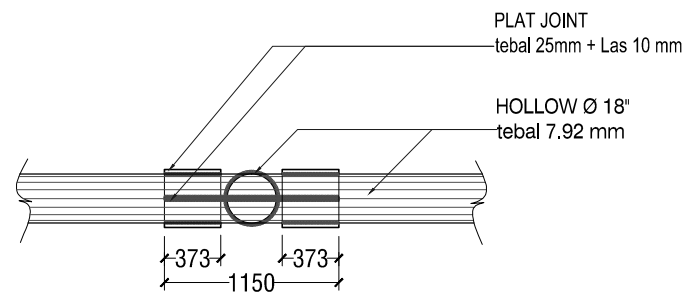
DETAIL 07

SKALA 1 : 50




DETAIL POTONGAN A-A

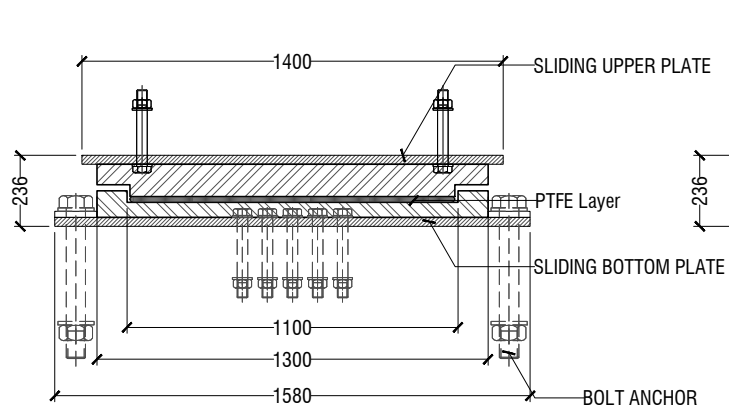
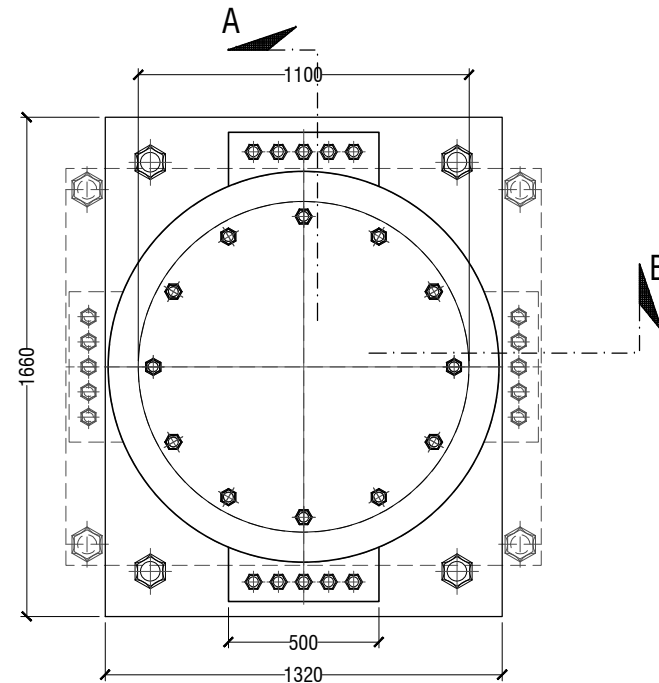
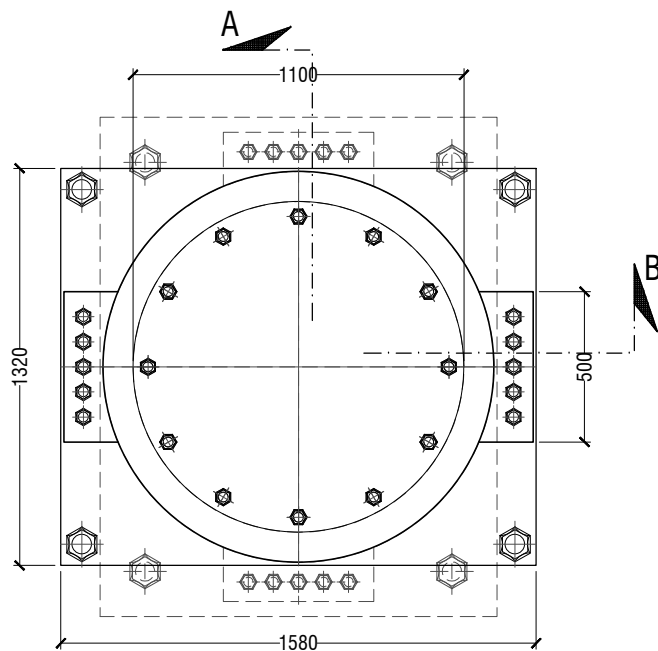
SKALA 1 : 50



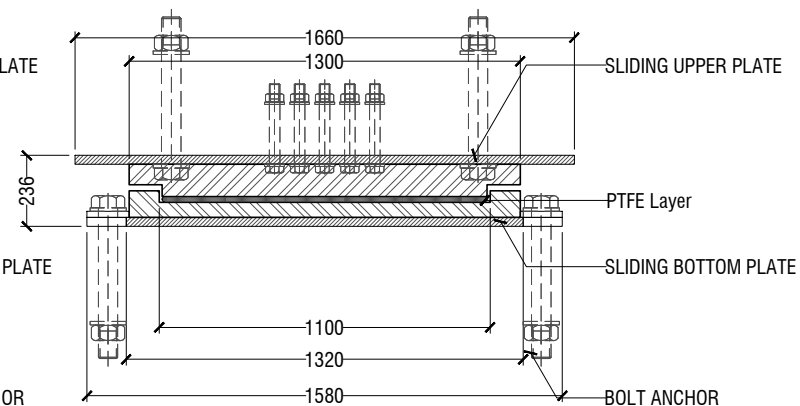
DETAIL POTONGAN B-B

SKALA 1 : 50

KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DICAMBAR	SENIO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DETAIL IKATAN ANGIN BUSUR DETAIL 07 DETAIL 08 DETAIL POTONGAN	1 : 150 1 : 50 1 : 50 1 : 50	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
							KODE CAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	23	29			



POTONGAN B-B




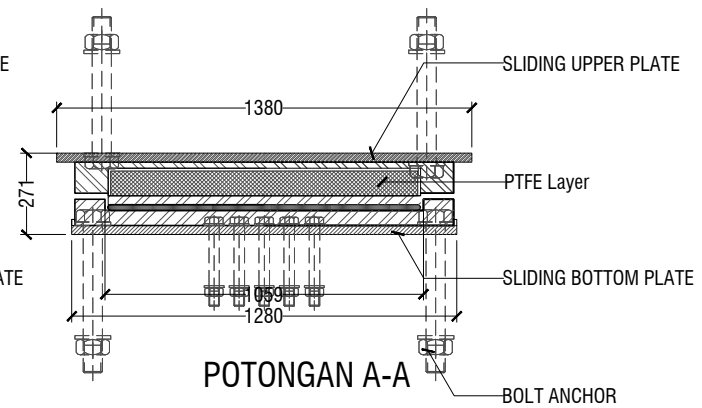
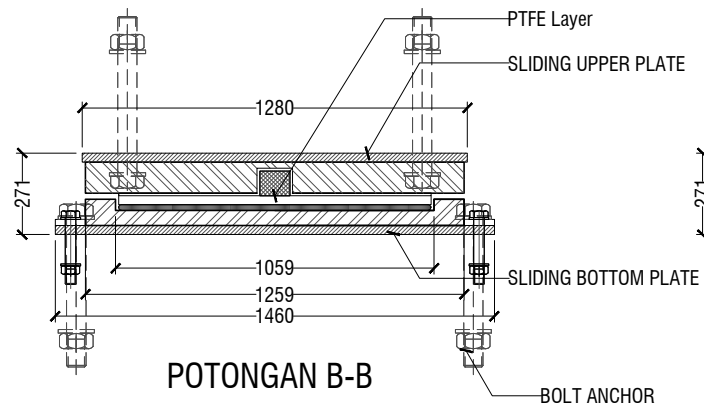
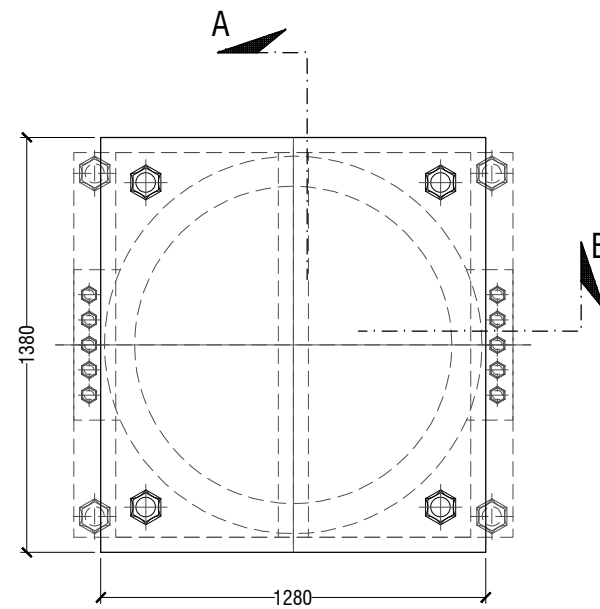
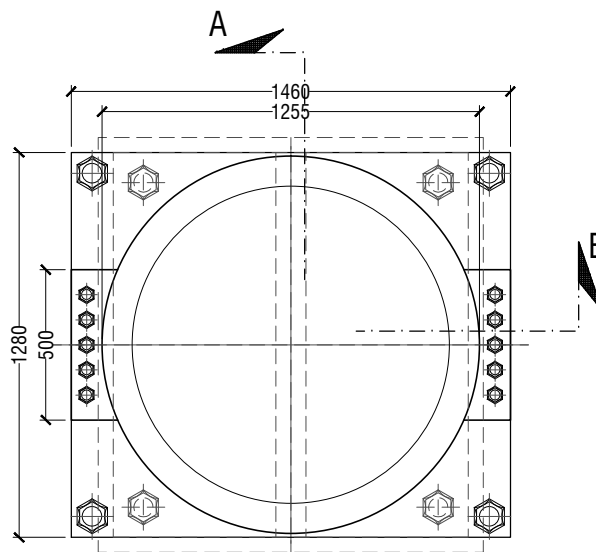
POTONGAN A-A

POT. BEARING TIPE FIXED (TF)

SKALA 1 : 25



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	PERLETAKAN (POT. BEARING)	1 : 25	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	24	29			

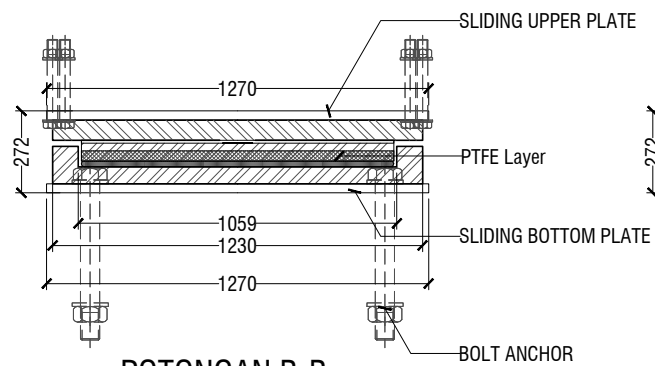
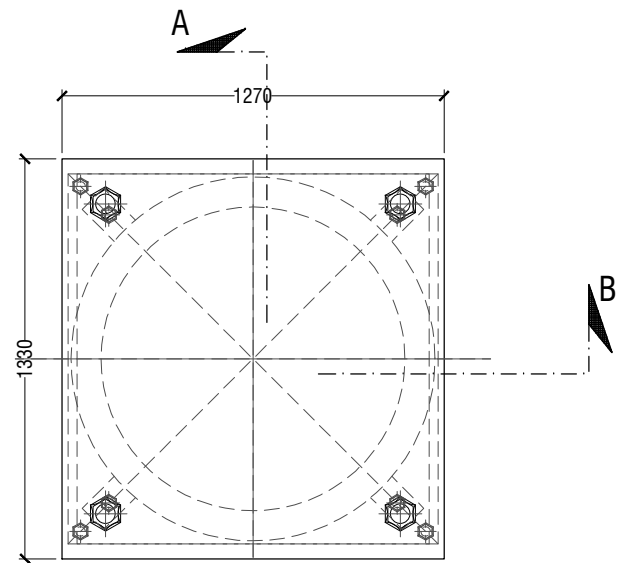
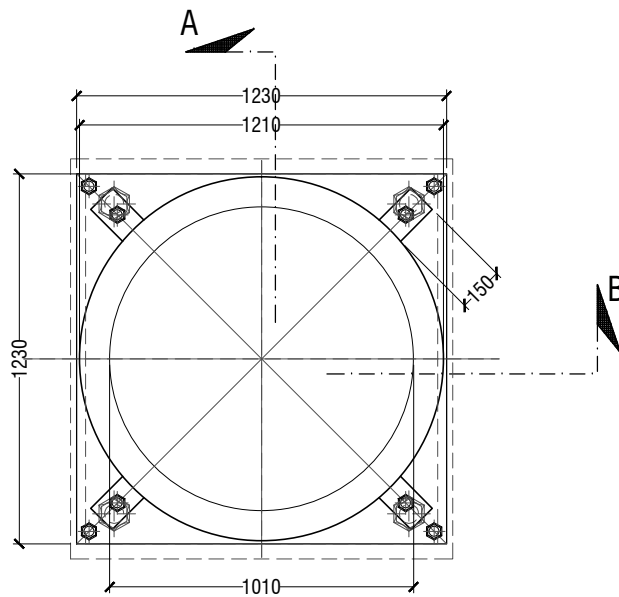


POT. BEARING TIPE FREE (TGa)

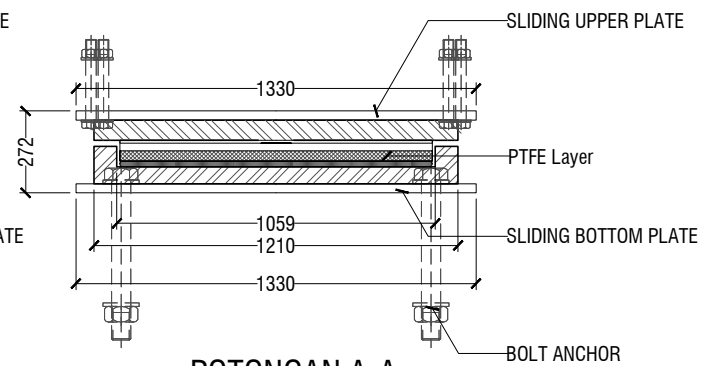
SKALA 1: 25



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	PERLETAKAN (POT. BEARING)	1 : 25	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	25	29			



POTONGAN B-B



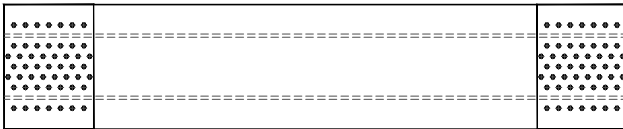
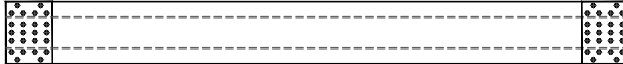

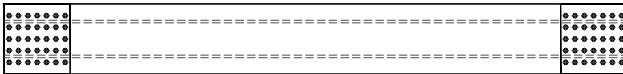
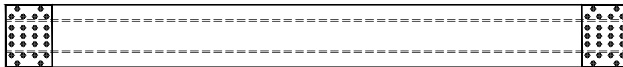
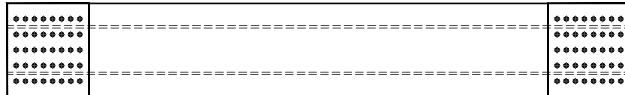

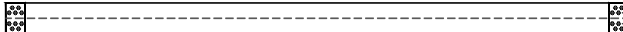
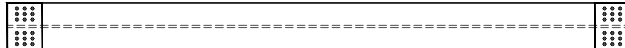
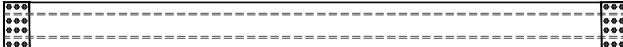
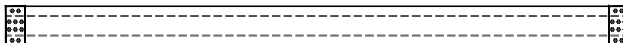
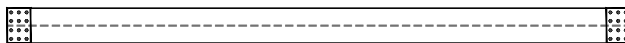

POTONGAN A-A

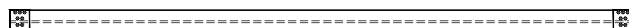

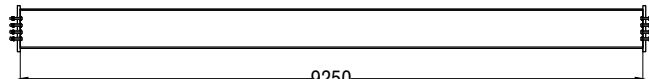
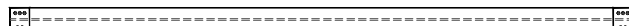
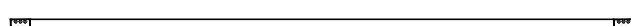
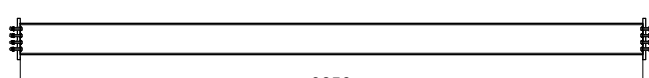

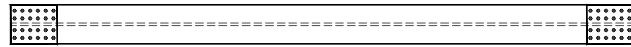

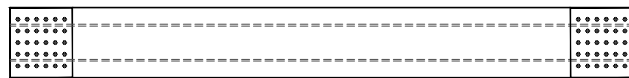
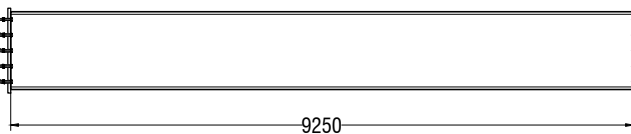


POT. BEARING TIPE Guided (TGe)

SKALA 1 : 100



KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	PERLETAKAN (POT. BEARING)	1 : 25	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	26	29			

													
FRAME CODE : BB. 1			FRAME CODE : BA. 1			FRAME CODE : HB. 2							
UKURAN : WFB - 750.800.40.45			UKURAN : WFB - 750.400.25.30			UKURAN : WFB - 750.200.10.15							
TEBAL PLAT JOIN : 35 mm			TEBAL PLAT JOIN : 20 mm			TEBAL PLAT JOIN : 20 mm							
BAUT SAYAP : 48 Ø 32 mm			BAUT SAYAP : 40 Ø 32 mm			BAUT SAYAP : 20 Ø 20 mm							
BAUT BADAN : 108 Ø 32 mm			BAUT BADAN : 48 Ø 32 mm			BAUT BADAN : 20 Ø 20 mm							
Tebal LAS : 25 mm			Tebal LAS : 24 mm			Tebal LAS : 6 mm							
													
FRAME CODE : BB. 2			FRAME CODE : BA. 2			FRAME CODE : BV. 1							
UKURAN : WFB - 750.450.32.38			UKURAN : WFB - 750.400.32.38			UKURAN : WFB - 750.600.32.38							
TEBAL PLAT JOIN : 35 mm			TEBAL PLAT JOIN : 20 mm			TEBAL PLAT JOIN : 30 mm							
BAUT SAYAP : 52 Ø 32 mm			BAUT SAYAP : 48 Ø 32 mm			BAUT SAYAP : 48 Ø 32 mm							
BAUT BADAN : 70 Ø 32 mm			BAUT BADAN : 48 Ø 32 mm			BAUT BADAN : 80 Ø 32 mm							
Tebal LAS : 24 mm			Tebal LAS : 26 mm			Tebal LAS : 16 mm							
													
FRAME CODE : BB. 3			FRAME CODE : BA. 3			FRAME CODE : BV. 2							
UKURAN : WFB - 750.400.22.25			UKURAN : WFB - 750.200.10.20			UKURAN : WF - 750.600.30.32							
TEBAL PLAT JOIN : 30 mm			TEBAL PLAT JOIN : 25 mm			TEBAL PLAT JOIN : 20 mm							
BAUT SAYAP : 32 Ø 32 mm			BAUT SAYAP : 36 Ø 25 mm			BAUT SAYAP : 24 Ø 25 mm							
BAUT BADAN : 36 Ø 32 mm			BAUT BADAN : 20 Ø 25 mm			BAUT BADAN : 36 Ø 25 mm							
Tebal LAS : 19 mm			Tebal LAS : 8 mm			Tebal LAS : 6 mm							
													
FRAME CODE : BB. 4			FRAME CODE : HB. 1			FRAME CODE : BV. 3							
UKURAN : WFB - 750.300.22.25			UKURAN : WFB - 750.250.12.14			UKURAN : WF - 750.450.10.20							
TEBAL PLAT JOIN : 30 mm			TEBAL PLAT JOIN : 20 mm			TEBAL PLAT JOIN : 20 mm							
BAUT SAYAP : 28 Ø 32 mm			BAUT SAYAP : 20 Ø 20 mm			BAUT SAYAP : 20 Ø 20 mm							
BAUT BADAN : 24 Ø 32 mm			BAUT BADAN : 20 Ø 20 mm			BAUT BADAN : 24 Ø 20 mm							
Tebal LAS : 9 mm			Tebal LAS : 6 mm			Tebal LAS : 6 mm							
K E T E R A N G A N		PEMBERI TUGAS	P R O Y E K		SKALA		DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	R E V I S I		PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DAFTAR KODE BATANG	1 : 200	JEMBATAN RANGKA BUSUR								
							DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS					
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS					
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR				
							STR	27	29				

											
FRAME CODE :	BV. 4	FRAME CODE :	BD. 2	FRAME CODE :	MTB. 2						
UKURAN :	WF - 750.300.22.25	UKURAN :	WF - 750.350.22.25	UKURAN :	WF - 500.200.10.16						
TEBAL PLAT JOIN :	20 mm	TEBAL PLAT JOIN :	20 mm	TEBAL END PLATE:	20 mm						
BAUT SAYAP :	20 Ø 20 mm	BAUT SAYAP :	20 Ø 20 mm	BAUT END PLATE:	4 Ø 29 mm						
BAUT BADAN :	20 Ø 20 mm	BAUT BADAN :	20 Ø 20 mm	Tebal LAS :	6 mm						
Tebal LAS :	6 mm	Tebal LAS :	6 mm								
											
FRAME CODE :	BV. 5	FRAME CODE :	BD. 3	FRAME CODE :	MTB. 3						
UKURAN :	WFB - 750.300.20.30	UKURAN :	WF - 750.300.12.20	UKURAN :	WF - 400.200.8.13						
TEBAL PLAT JOIN :	20 mm	TEBAL PLAT JOIN :	20 mm	TEBAL END PLATE:	20 mm						
BAUT SAYAP :	20 Ø 20 mm	BAUT SAYAP :	24 Ø 25 mm	BAUT END PLATE:	4 Ø 29 mm						
BAUT BADAN :	20 Ø 20 mm	BAUT BADAN :	20 Ø 25 mm	Tebal LAS :	6 mm						
Tebal LAS :	6 mm	Tebal LAS :	6 mm								
											
FRAME CODE :	BV. 6	FRAME CODE :	BD. 4	FRAME CODE :	IKB. 1						
UKURAN :	WF - 750.200.12.15	UKURAN :	WF- 750.500.32.38	UKURAN :	HOLLOW Ø 18" - tebal 7.92 mm						
TEBAL PLAT JOIN :	20 mm	TEBAL PLAT JOIN :	20 mm	TEBAL END PLATE:	25 mm						
BAUT SAYAP :	16 Ø 20 mm	BAUT SAYAP :	32 Ø 25 mm	BAUT END PLATE:	4 Ø 29 mm						
BAUT BADAN :	16 Ø 20 mm	BAUT BADAN :	48 Ø 25 mm	Tebal LAS :	6 mm						
Tebal LAS :	6 mm	Tebal LAS :	6 mm								
											
FRAME CODE :	BD. 1	FRAME CODE :	MTB. 1	FRAME CODE :	IKB. 2						
UKURAN :	WFB - 750.450.22.25	UKURAN :	WF - 1000.450.16.32	UKURAN :	HOLLOW Ø 12,7" - tebal 10,31 mm						
TEBAL PLAT JOIN :	25 mm	TEBAL END PLATE:	25 mm	TEBAL END PLATE:	20 mm						
BAUT SAYAP :	52 Ø 32 mm	BAUT END PLATE:	10 Ø 25 mm	BAUT END PLATE:	4 Ø 20 mm						
BAUT BADAN :	60 Ø 32 mm	Tebal LAS :	10 mm	Tebal LAS :	6 mm						
Tebal LAS :	17 mm										
KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK		SKALA		DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DAFTAR KODE BATANG	1 : 200	JEMBATAN RANGKA BUSUR	DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
						DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
						KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
						STR	28	29			



FRAME CODE :	IKB. 3
UKURAN :	HOLLOW Ø 16" - tebal 9,52 mm
TEBAL END PLATE:	20 mm
BAUT END PLATE:	4 Ø 25 mm
Tebal LAS :	6 mm



FRAME CODE :	IKV. 1
UKURAN :	HOLLOW Ø 8,6" - tebal 6,35 mm
TEBAL END PLATE:	20 mm
BAUT END PLATE:	4 Ø 16 mm
Tebal LAS :	6 mm



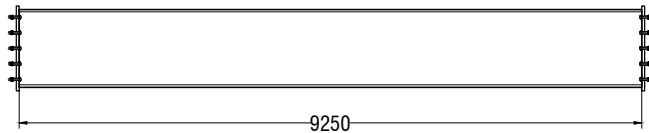
FRAME CODE :	TB. 1
UKURAN :	WF - 1100.500.20.28
TEBAL END PLATE:	25 mm
BAUT END PLATE:	28 Ø 25 mm
Tebal LAS :	6 mm



FRAME CODE :	GM. A
UKURAN :	WF - 588.300.12.20
TEBAL END PLATE:	20 mm
BAUT END PLATE:	4 Ø 25 mm
Tebal LAS :	6 mm
TEBAL STIFFNER :	20 mm



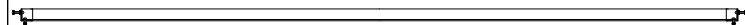
FRAME CODE :	IKV. 2
UKURAN :	HOLLOW Ø 10,7" - tebal 9,27 mm
TEBAL END PLATE:	20 mm
BAUT END PLATE:	4 Ø 20 mm
Tebal LAS :	6 mm



FRAME CODE :	GM. B
UKURAN :	WF - 1000.450.16.32
TEBAL END PLATE:	25 mm
BAUT END PLATE:	10 Ø 25 mm
Tebal LAS :	6 mm
STUD :	2 Ø 25 - 240




FRAME CODE :	IKV. 3
UKURAN :	HOLLOW Ø 12,7" - tebal 10,31 mm
TEBAL END PLATE:	20 mm
BAUT END PLATE:	4 Ø 25 mm
Tebal LAS :	6 mm

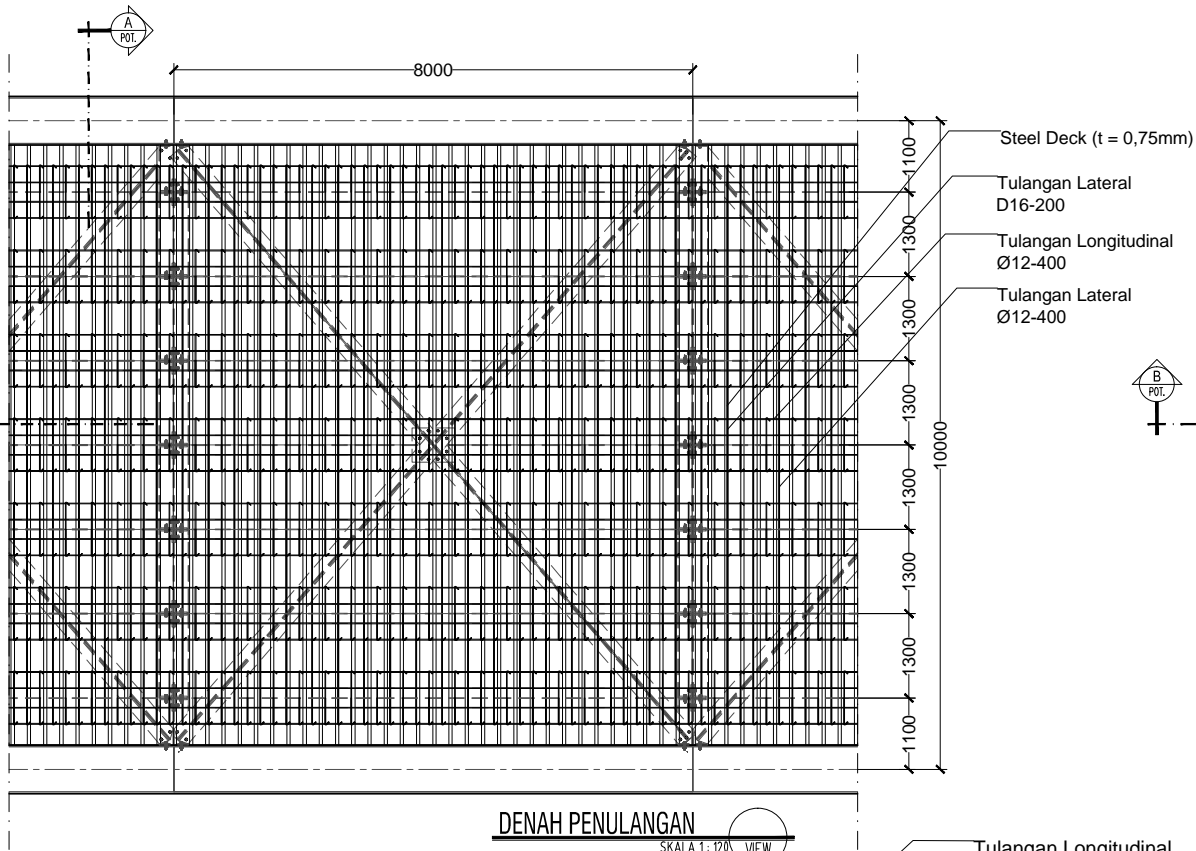


FRAME CODE :	SK. 1
UKURAN :	2 L . 150.150.15
TEBAL PLAT JOIN :	20 mm
BAUT END PLATE:	4 Ø 25 mm



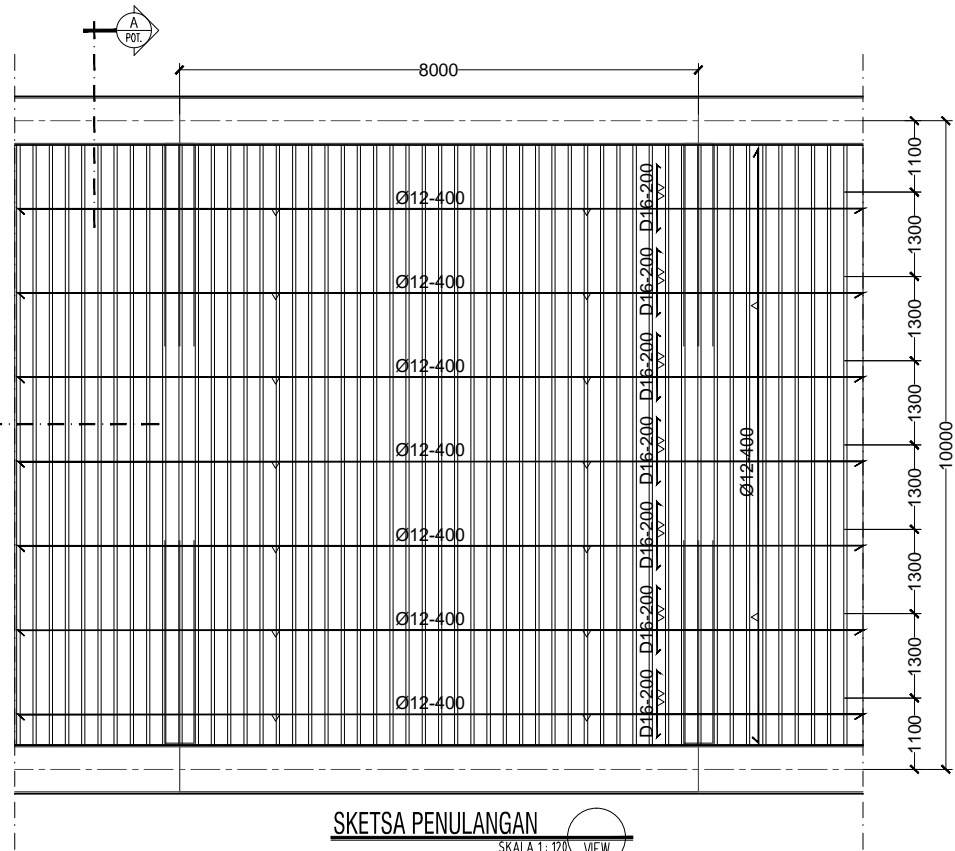
FRAME CODE :	IKV. 4
UKURAN :	HOLLOW Ø 14" - tebal 11,12 mm
TEBAL END PLATE:	25 mm
BAUT END PLATE:	4 Ø 29 mm
Tebal LAS :	6 mm

KETERANGAN		PEMBERI TUGAS	PROYEK	SKALA			DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
			MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DAFTAR KODE BATANG	1 : 200	JEMBATAN RANGKA BUSUR						
							DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidayat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	29	29			



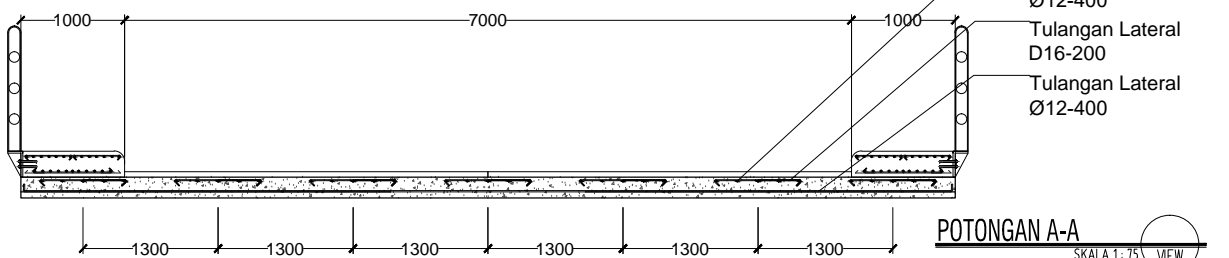
DENAH PENULANGAN

SKALA 1:120 VIEW



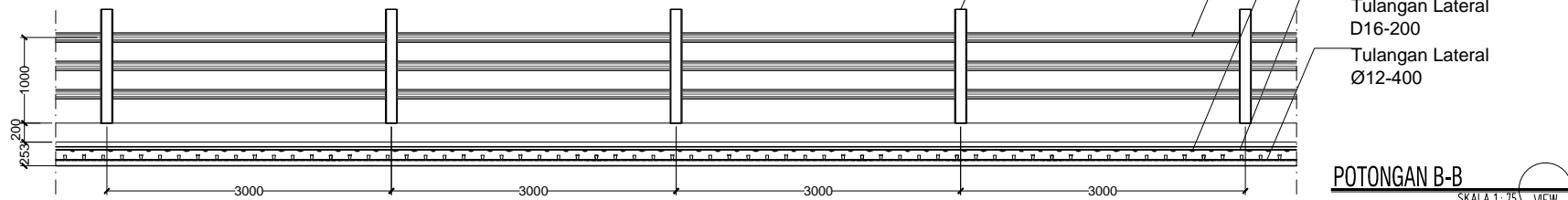
SKETSA PENULANGAN

SKALA 1:120 VIEW




POTONGAN A-A

SKALA 1:75 VIEW



POTONGAN B-B

SKALA 1:75 VIEW

KETERANGAN	PEMBERI TUGAS	PROYEK	SUBYEK	SKALA	PERENCANA	TANGGAL	DIGAMBAR	SENO MARIS UTOMO	3114106057	TANGGAL	REVISI	PARAF
		MODIFIKASI JEMBATAN SEGAH DENGAN RANGKA BUSUR	DENAH PENULANGAN SKETSA PENULANGAN POTONGAN A-A POTONGAN B-B	1:120 1:120 1:75 1:75	JEMBATAN RANGKA BUSUR		DOSEN 1	Ir. Djoko Irawan, MS				
							DOSEN 2	Dr. Ir. Hidajat S.M., MS				
							KODE GAMBAR	NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR			
							STR	30	30			

Macalloy



TENSION STRUCTURES.

TENSION RODS | COMPRESSION STRUTS | STAINLESS CABLES
CONNECTION SOLUTIONS | SITE SERVICE



Welcome

With innovation at the heart of our company ethos, Macalloy has been developing new systems and technologies in Tensile Structures since the early 1980's.

Macalloy is a proven market leader in the design, manufacture and supply of threaded bar systems. Macalloy has experience in liaising with world renowned specifiers and contractors for the development of some truly unique and pioneering structures.

Macalloy's Tension Structures range is approved with European Technical Approval – ETA 07/0215, providing the CE certification, alongside other globally recognised certifications.





Contents

Tension Rods	4
Adjustable Compression Struts	8
Macalloy Fixed End Compression Struts	9
Stainless Cables	10
Connection Solutions	12
Component Dimensions	13
Gusset Plates	14
Fork Alignment & Site Services	15

Tension Rods

Material Properties						
Product Name	Material	Min. Yield Stress N/mm ²	Min. Breaking Stress N/mm ²	Min. Elongation %	Min. Charpy Impact Value J@ -20°C	Young Modules kN/mm ²
Macalloy 460	Carbon Steel	460	610	19	27	205
Macalloy S460	Stainless Steel	460	610	15	27	205
Macalloy 520	Carbon Steel	520	690	19	27	205
Macalloy S520	Stainless Steel	520	690	15	27	205

Tendon Capacities for Carbon and Stainless Macalloy 460																	
Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	M105
Nominal Bar Dia.	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97	102
Min. Yield Load	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172	3520
Min. Break Load	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206	4667
Design Resistance to EC3 N _{R,d}	kN	24	35	66	103	149	238	348	479	630	870	1149	1677	2138	2418	3029	3360
Nominal Bar Weight	kg/m	0.5	0.75	1.4	2.2	3.0	4.8	7.1	9.4	12.5	16.7	22.2	32	41.5	46.7	58	64.1

Tendon Capacities for Carbon and Stainless Macalloy 520																	
Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	M105
Nominal Bar Dia.	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97	102
Min. Yield Load	kN	28	41	78	122	176	284	412	567	746	1031	1361	1986	2563	2863	3586	3979
Min. Break Load	kN	38	55	103	162	234	374	546	752	990	1368	1806	2635	3401	3799	4758	5279
Design Resistance to EC3 N _{R,d}	kN	27	39	74	117	168	269	393	541	713	985	1300	1897	2449	2735	3426	3801
Nominal Bar Weight	kg/m	0.5	0.75	1.4	2.2	3	4.8	7.1	9.4	12.5	16.7	22.2	32	41.5	46.7	58	64.1

M85 to M100 in stainless and M105 in both systems are not covered by ETA but are available by special request

Maximum Length of Individual Bars			
Diameter	Stainless Steel	Carbon	Galvanised
M10 - M16	6.0m	11.95m	6.0m
M20 - M30	6.0m	11.95m	8.0m
M36 - M105	6.0m	11.95m	11.95m

Longer lengths can be supplied as made to order if required.

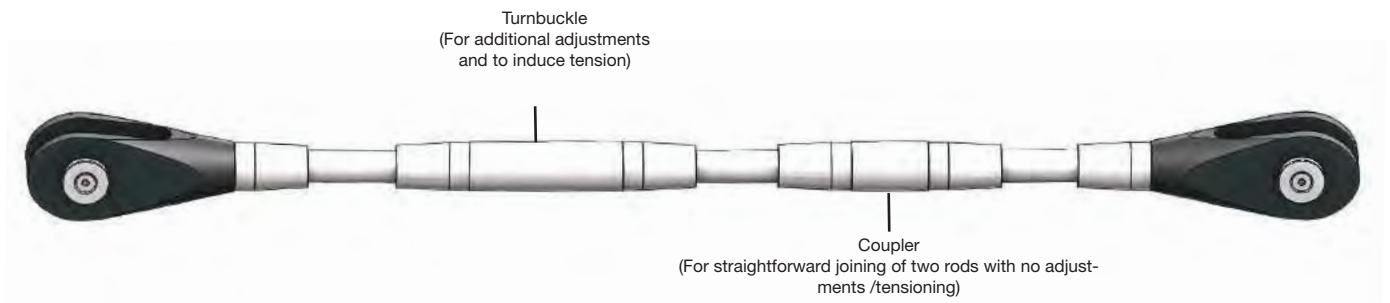
Corrosion Protection

Carbon steel tension bars can be supplied primed and ready for an appropriate paint covering or galvanised. Galvanising can be applied prior to, or after, bar threading as required. Please note that all standard carbon Macalloy fittings (forks, pins and Lock Covers) are provided with a hot dipped galvanised coating in accordance with BS EN 1461: 2009

Fatigue

Threads are rolled on to the bar and are therefore more resistant to fatigue. Testing a range of diameters has been carried out over 2 million cycles, the results of which are available from the macalloy technical department.

Final Assembly Example



Fork Adjustment and Set Up Points

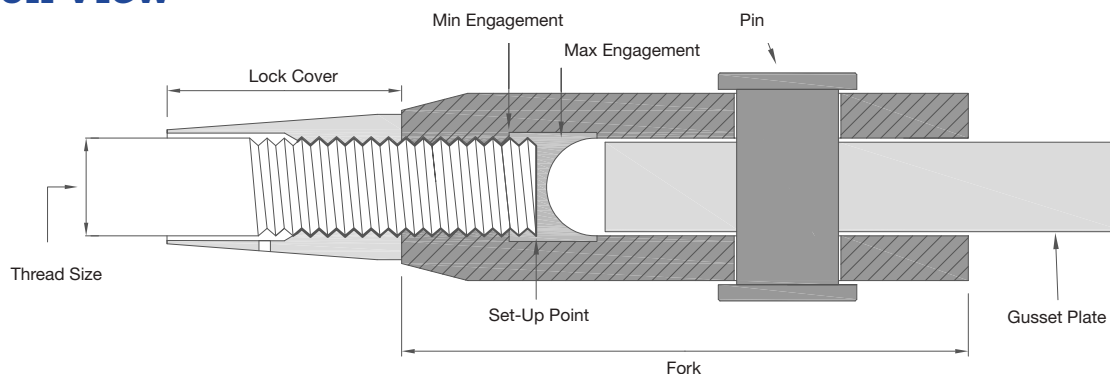
Fork Adjustment – M10 to M56: $\pm 1/2$ thread diameter in each fork end.

Fork Adjustment – M64 to M100: ± 25 mm in each fork end.

Set-Up Point – M10 to M56: $1\frac{1}{2}$ x thread diameter in each fork end.

Set-Up Point – M64 to M100: 1 x thread diameter plus 25mm in each fork end.

Section View



Turnbuckle Adjustment and Set Up Points

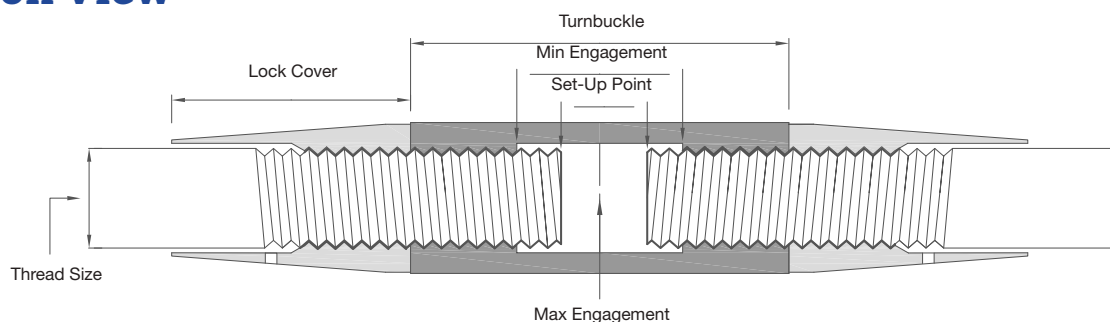
Turnbuckle Adjustment – M10 to M24: ± 25 mm.

Turnbuckle Adjustment – M30 to M100: ± 50 mm.

Set-Up Point – M10 to M24: 1 x thread diameter + 12.5mm in each end of the turnbuckle.

Set-Up Point – M30 to M100: 1 x thread diameter + 25mm in each end of the turnbuckle.

Section View



Tension Rods

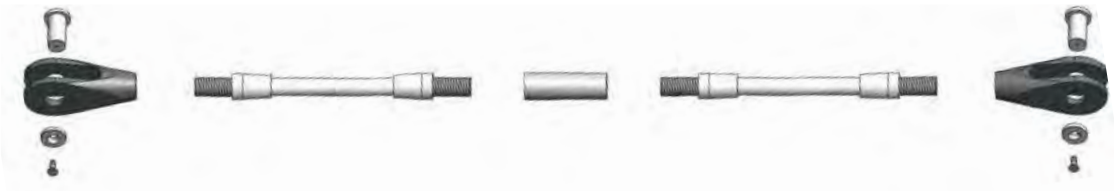
Assembly and Installation

For both pre-assembled and non-assembled tendons please follow the assembly and installation instructions to ensure correct set up points and thread engagement.

- 1 Note the thread direction of each bar end.



- 2 Screw tapered Lock Covers on to the bar as far as thread allows with taper pointing away from fork, coupler or turnbuckle.



- 3 Screw forks, turnbuckles and couplers on to bars noting set up points on page 5. Couplers should be fully engaged.

- 4 Position bar in place and secure with pins.



- 5 Where no turnbuckle is used, turn the bar to induce the load/adjustment required.

- 6 Where a turnbuckle is used turn the turnbuckle to induce the required load/adjustment

- 7 Screw Lock Covers back against forks/couplers and turnbuckles.



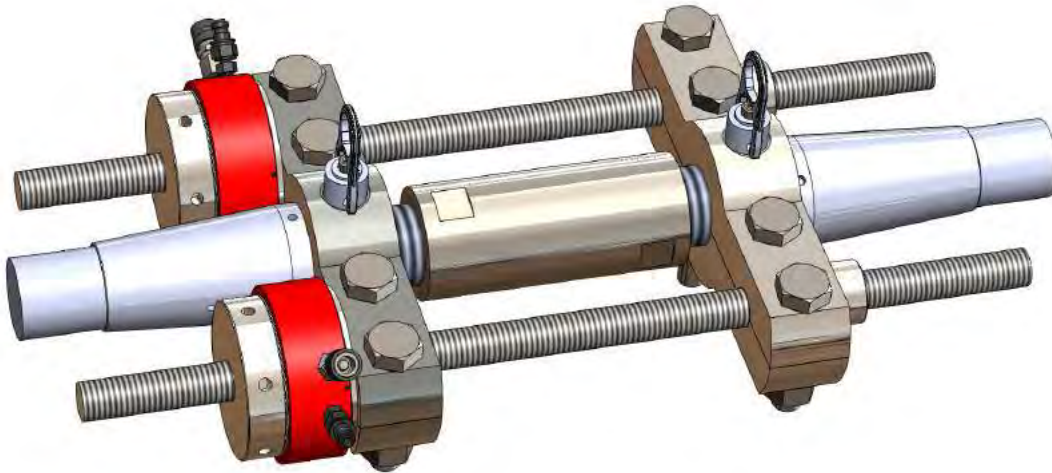
- 8 Seal as per fork and lock cover diagram on page 7.

- 9 Assembly and installation is complete.

- To ensure full strength of threaded joints a minimum of 1 x thread diameter should be engaged in fork/turnbuckle joints.
- Where large loads need to be induced in a tension bar the Macalloy TechnoTensioner can be used. See page 7 for more information.
- Spanner flats available on request on bars and turnbuckles, please specify at time of order.

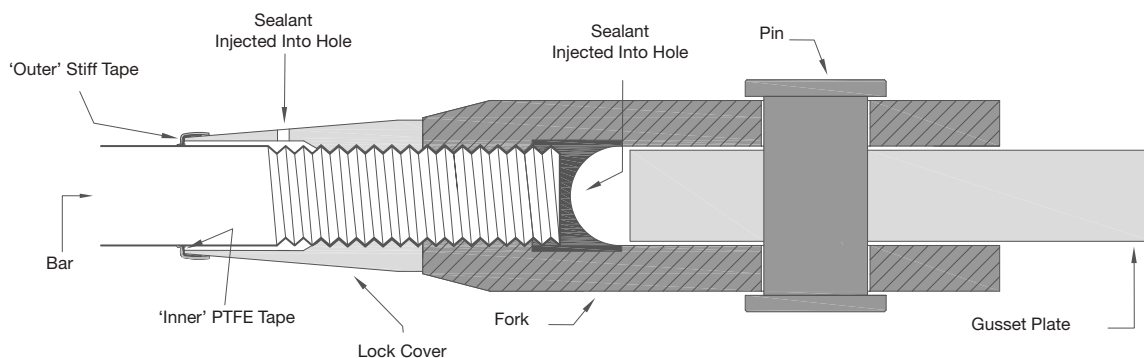
TechnoTensioner

The Macalloy TechnoTensioner is hydraulic acting equipment which allows you to induce an accurate load into Macalloy tendons where a turnbuckle is used. The Macalloy TechnoTensioner works by gripping the tension bars on either side of the turnbuckle and pulling the bars together into tension thus loosening the turnbuckle. The turnbuckle can then be tightened with a strap, chain or stilson wrench.



Fork and Lock Cover Sealing

Recommended for use with all finishes to protect against vibration and corrosion. All lock covers should be sealed whether used with a fork, coupler or turnbuckle.



Fork and Lock Cover sealing method statements are available on our website and on request. If no lock cover is used, an alternative sealing method should be introduced as described in the method statement.

Adjustable Compression Struts

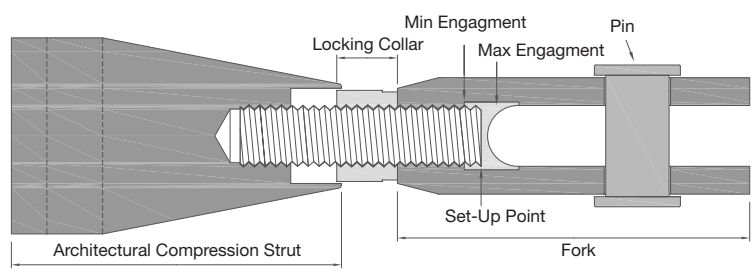
Capacity and Lengths of Architectural and Standard Compression Struts															
System Ref		M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
Maximum Compressive Capacity to EN1993	kN	14.0	28.1	44.7	69.3	121.6	189.6	274.0	369.7	530.0	728.7	1063.9	1395.3	1588.6	2031.3
Maximum Pin to Pin Length on EN1993 Standard*	mm	2369	2663	2671	3105	3357	3367	4498	6397	7097	7420	8188	9323	10291	11679
Carbon CHS OD	mm	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	193.7	219.1	244.5	273	323.9
Carbon CHS Wall Thickness	mm	4	5	5	5	5	5	6.3	10	10	10	12.5	16	16	16
Stainless CHS OD	mm	33.40	42.16	48.30	60.33	73.03	Contact Macalloy for details								
Stainless CHS Wall Thickness	mm	4.50	4.85	5.08	5.08	5.16									

*Maximum lengths are based on carbon steel strut taking the maximum compressive capacity. For lower compressive loads longer lengths can be used. Alternative wall thicknesses are available. Contact Macalloy for details regarding maximum length of stainless steel struts.

Compression Strut Examples



Fork Adjustment and Set Up



Adjustment with each fork:
M12 to M56: +/- ½ thread diameter
M64 to M100: +/- 25mm
Set-Up Point in each fork
M12 to M56: 1 ½ x thread diameter
M64 to M100: 1 x thread diameter + 25mm


Corrosion Protection

Compression Struts can be supplied galvanised, or in stainless steel.


Assembly and Installation

- 1


Remove pins using an allen key, position the strut in place and secure with pins, tightening using an allen key.


- 2

Screw the locking collar in to the strut so only a small part of the locking collar is left visible, then turn the strut to the required position.


- 3

Screw the locking collar back against the fork. All the thread should be covered. The forks should be sealed as per the diagram on page 7.



Capacity of Macalloy Fixed End Compression Struts																
Macalloy Product Ref		Units	CSF 33.7	CSF 42.4	CSF 48.3	CSF 60.3	CSF 76.1	CSF 88.9	CSF 114.3	CSF 139.7	CSF 168.3	CSF 193.7	CSF 219.1	CSF 244.5	CSF 273.0	CSF 323.9
Equivalent Macalloy Fork Size			M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
CHS Size to fit	Outer Diameter	mm	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	193.7	219.1	244.5	273	323.9
	Wall Thickness	mm	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.3	10.0	10.0	10.0	12.5	16.0	16.0	16.0
Compressive Capacity to EN 1993		kn	52	99	122	174	272	374	534	735	1048	1437	2127	2723	3110	3686
Gusset Plate Thickness		mm	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85
Weight		kg	0.25	0.51	1.0	1.4	2.4	3.7	6.2	10.8	15.8	20.5	40.3	59.3	74.0	100.0

Macalloy CHS Fork End



Corrosion Protection

Can be galvanised and or painted and supplied in stainless steel to special order.

Assembly and Installation

- 1 Insert Macalloy CHS Fork End into CHS / tube, ensuring it is fully inserted and that the forks are parallel to each other.



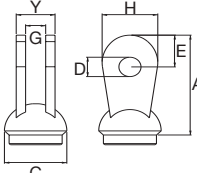
- 2 Weld directly to CHS with full penetration butt weld and clean weld as required (ensuring forks are parallel to each other)



- 3 Position complete strut in place and secure using pins.






Architectural pins can be supplied by Macalloy. Please refer to table number 12 on page 13 for further information.

Macalloy CHS Fork End Dimensions																
System Ref	Product Ref.	Units	CSF 33.7	CSF 42.4	CSF 48.3	CSF 60.3	CSF 76.1	CSF 88.9	CSF 114.3	CSF 139.7	CSF 168.3	CSF 193.7	CSF 219.1	CSF 244.5	CSF 273.0	CSF 323.9
Fixed End Compression Strut Fork 	A	mm	75	95	109	130	161	185	218	255	303	340	398	462	495	574
	G (min.)	mm	13	16	20	25	30	35	40	45	49.5	59.5	76	76	86	91
	C Dia.	mm	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	193.7	219.1	244.5	273	323.9
	D Dia	mm	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5
	E	mm	22	29	34	42	52	61	70	81	97	111	132	153	162	189
	Y	mm	22	28	37	44	53	64	75	87	97.5	115.5	146	153	169	174
	H	mm	34	45	53	64	81	93	109	123	147	169	201	236	248	289

Stainless Cables SC460

Minimum Break Loads for Stainless Cables												
Cable Dia.	mm	4	6	8	10	12	14	16	19	22	26	28
Macalloy Fork Size		M10	M10	M12	M16	M20	M24	M24	M30	M30	M36	M36
7 x 19 Strand	kN	8.9	20.0	35.6	55.6	80.0	109.0	143.1	-	-	-	-
1x 19 Strand	kN	12.6	28.2	45.5	71.1	102.0	139.0	182.0*	212.0*	285.0*	398.0*	-
Compact Strand	kN	17.4	34.8	60.3	95.0	141.2	189.2	251.0	-	-	-	510

7 x 19 Strand		Most Flexible	Lowest Break Load	Highest Stretch Characteristics
1 x 19 Strand		Rigid Cable	High Break Load	Low Stretch Characteristics
Compact Strand		Most Rigid	Highest Break Load	Lowest Stretch Characteristics

Stainless steel cable will begin to distort at around 50% of its breaking load. For this reason it is recommended to apply a factor of safety of 2 and not to load the cables to more than 50% of their breaking loads. *1 x 37 or 1 x 61 may also be offered.

Cable Systems - Swaged Adjustable Fork



Cable Systems - Swaged Fork / Tensioner Assembly and Installation

- 1 Remove pins using supplied allen key and screw Lock Covers away from tensioners as far as the thread will allow.



- 2 Position cable in place and secure with pins, tightening with supplied allen key. For Swaged fork tensioning use open ended spanner on each adjuster and simultaneously turn each one to induce load / adjustment.



- 3 Swaged Tensioner and Inline Tensioner Adjustment – Turn tensioner using open ended spanner until correct level of adjustment tension is achieved. Then screw Lock Covers back against the tensioners.



Where large loads need to be induced in a cable, a version of the Macalloy TechnoTensioner can be used. Refer to page 7 for further information.

Cable Stretch

Cables undergo an initial, permanent stretch (construction stretch). This can be between 0.10% and 0.75% dependant on the loading and type of cable. Further elastic stretch will then be proportional to the load applied and cable used. Elastic stretch can be calculated using the following formula:

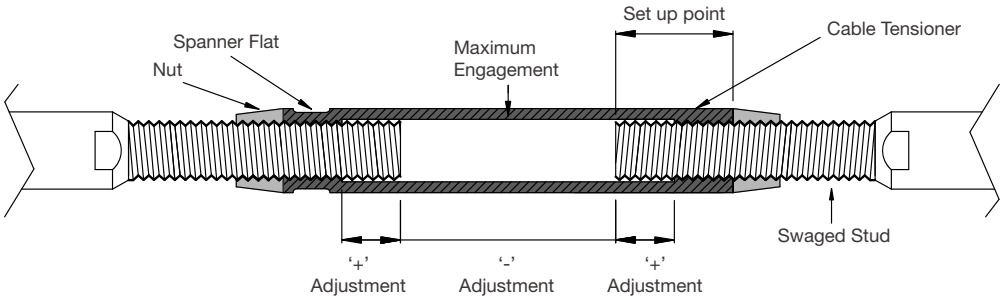
$$d = \frac{\text{Load (kN)} \times \text{Length (mm)}}{E \text{ (kN/mm}^2\text{)} \times \text{Cross Section Area (mm}^2\text{)}}$$

Cable Type	kN/mm²
7 x 19 Strand	85
1 x 19 Strand	107
Compact Strand	133

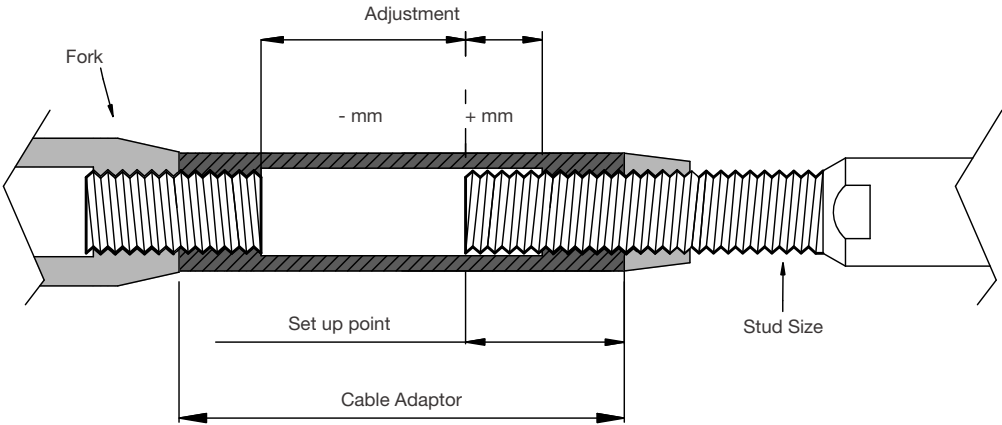
All cables are supplied non pre-stretched, if pre-stretched cables are required please request at time of the enquiry or order.

Fork Adjustments

Fork-Cable Adaptor Adjustment												
Cable Dia.	Units	4	6	8	10	12	14	16	19	22	26	28
Fork Adjustment '+'	mm	9	14	17	22	25	31	31	38	38	45	45
Fork Adjustment '-'	mm	19	28	33	44	49	61	61	76	76	91	91
Set-up Point	mm	15	24	29	38	45	55	55	68	68	81	81



Swaged Tensioner and Inline Tensioner Adjustment												
Cable Dia.	Units	4	6	8	10	12	14	16	19	22	26	28
Tensioner Adjustment '+'	mm	23	23	27	35	39	61	61	81	81	77	77
Tensioner Adjustment '-'	mm	47	47	53	69	79	121	121	161	161	153	153
Set-Up Point	mm	22	22	26	34	40	55	55	71	71	75	75



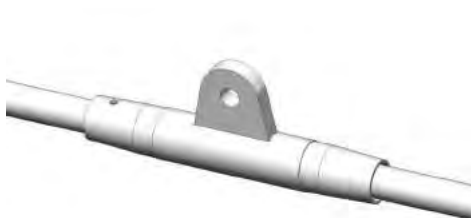
Connection Solutions



Disc Connection



Cross Coupler



Turnbuckle with Fin Plate

Disc Connection

Connection Disc	D/10	D/12	D/16	D/20	D/24	D/30	D/36	D/42	D/48	D/56
System Size	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
ØD	130	164	218	248	294.8	386	444	502	572	694
ØI	96	120	160	180	210	280	320	360	410	500
T	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45
ØP	11.5	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5
ØH (optional)	50	70	90	105	115	160	185	205	235	290

Cross Coupler

Cross-Coupler	CC10	CC12	CC16	CC28	CC24	CC30	CC36	CC42	CC48	CC56	CC64
System Size	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
A	73	82	105	128	148	183	21	249	283	328	376
B	47	52	67	82	94	117	139	159	181	210	242
C	12	14	18	22	26	32	38	44	50	58	66
ØD	19	25	29	35	43	52	62	72	82	96	110
Lock Cover	LCC10	LCC12	LCC16	LCC20	LCC24	LCC30	LCC36	LCC42	LCC48	LCC56	LCC64
System Size	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
E	29	31	37	43	74	105	111	117	123	136	144
ØF	18.5	24	28	34	42	51	61	71	81	95	109

Turnbuckle with Fin Plate

Connection Disc	D/10	D/12	D/16	D/20	D/24	D/30	D/36	D/42	D/48	D/56
System Size	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
ØD	130	164	218	248	294.8	386	444	502	572	694
ØI	96	120	160	180	210	280	320	360	410	500
T	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45
ØP	11.5	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5
ØH (optional)	50	70	90	105	115	160	185	205	235	290

Bespoke connection

Bespoke connection pieces including personalisation are also available. Please contact Macalloy for further details.

Component Dimensions

Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	
Fork Ref.		FA/10	FA/12	FA/16	FA/20	FA/24	FA/30	FA/36	FA/42	FA/48	FA/56	FA/64	FA/76	FA/85	FA/90	FA/100	
A	mm	63.0	75.0	99.0	122.0	148.0	178.0	204.0	232.0	266.0	314.0	348.0	410.0	459.0	489.0	555.0	
G	mm	11.0	12.0	15.0	19.0	24.0	26.0	34.0	39.0	44.0	49.0	56.0	76.0	78.0	86.0	91.0	
C	mm	17.0	19.0	25.0	29.0	35.0	44.0	52.0	60.0	69.0	80.0	91.0	108.0	121.0	129.0	143.0	
D	mm	11.5	13.0	17.0	21.4	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5	
E	mm	18.0	22.0	29.0	34.0	42.0	53.0	61.0	70.0	81.0	97.0	111.0	132.0	153.0	162.0	188.0	
Y	mm	20.0	22.0	28.0	37.0	44.0	50.0	64.0	75.0	87.0	97.0	115.0	146.0	154.0	169.0	174.0	
H	mm	30.0	34.0	45.0	53.0	64.0	81.0	93.0	109.0	123.0	147.0	169.0	201.0	236.0	248.0	289.0	
Spade ref.		SA/10	SA/12	SA/16	SA/20	SA/24	SA/30	SA/36	SA/42	SA/48	SA/56	SA/64	SA/76	SA/85	SA/90	SA/100	
B	mm	78.0	92.0	118.0	147.0	174.0	213.0	249.0	284.0	321.0	364.0	408.0	471.0	524.0	555.0	625.0	
T	mm	8.0	9.0	12.0	15.0	20.0	22.0	30.0	35.0	40.0	45.0	55.0	70.0	72.0	80.0	85.0	
Architectural Pin Ref.		PA/10	PA/12	PA/16	PA/20	PA/24	PA/30	PA/36	PA/42	PA/48	PA/56	PA/64	PA/76	PA/85	PA/90	PA/100	
P Dia.	mm	10.5	12.0	16.0	20.0	24.0	29.0	35.0	41.0	47.0	55.0	63.0	76.0	90.0	93.0	108.0	
L	mm	22.0	24.0	30.0	39.0	46.0	52.0	66.0	78.0	91.0	100.0	120.0	151.0	155.0	175.0	180.0	
Turnbuckle Ref.		TA/10	TA/12	TA/16	TA/20	TA/24	TA/30	TA/36	TA/42	TA/48	TA/56	TA/64	TA/76	TA/85	TA/90	TA/100	
ØD	mm	17.0	19.0	25.0	29.0	35.0	43.0	52.0	60.0	58.0	80.0	91.0	108.0	121.0	129.0	143.0	
C	mm	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
L	mm	74.0	78.0	86.0	90.0	98.0	160.0	172.0	184.0	196.0	212.0	228.0	252.0	270.0	280.0	300.0	
Coupler Ref.		CA/10	CA/12	CA/16	CA/20	CA/24	CA/30	CA/36	CA/42	CA/48	CA/56	CA/64	CA/76	CA/85	CA/90	CA/100	
ØD	mm	17.0	19.0	25.0	29.0	35.0	43.0	52.0	60.0	68.0	80.0	91.0	108.0	121.0	129.0	143.0	
L	mm	25.0	29.0	37.0	45.0	53.0	65.0	77.0	89.0	101.0	117.0	133.0	157.0	175.0	185.0	205.0	
Lock Covers		LTC/10	LTC/12	LTC/16	LTC/20	LTC/24	LTC/30	LTC/36	LTC/42	LTC/48	LTC/56	LTC/64	LTC/76	LTC/85	LTC/90	LTC/100	
X Dia.	mm	16.5	18.5	24.0	28.0	34.0	42.0	51.0	59.0	67.0	79.0	90.0	107.0	120.0	128.0	142.0	
N	mm	44.0	44.0	46.0	48.0	92.0	126.0	134.0	145.0	153.0	169.0	179.0	191.0	200.0	205.0	215.0	



Parliament Library

New Delhi, India

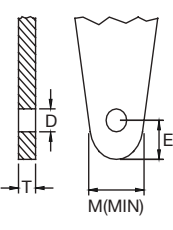
Architect: Raj Rewal Associates

Client: Parliament of India

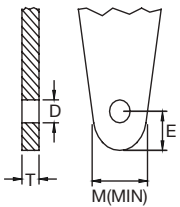
Fork Alignment & Site Services

Gusset plates should be manufactured from material with a minimum strength of S355 to BS EN 10025 with the critical dimensions around the pin hole as per the tables below, noting the use of isolation when carbon gusset plates are used with stainless tendons.

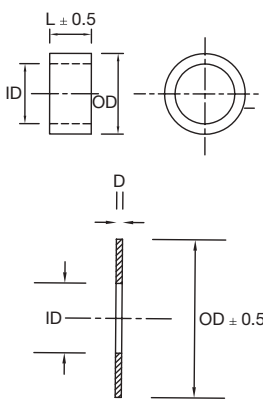
Macalloy Standard Gusset Plate Dimensions																
		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
T (Thickness)	mm	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85
D	mm	11.5	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5
E	mm	18	22	30	37	43	56	64	74	84	101	112	132	160	166	194
H (min.)	mm	28	34	48	60	68	90	103	118	135	163	180	211	259	266	317



Macalloy Gusset Plate Dimensions when used with isolation													
		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76
T (Thickness)	mm	8	9	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70
D	mm	15.5	17.0	21.0	25.5	30.0	36.0	42.0	48.0	55.5	63.5	72.5	85.5
E	mm	21	24	31	37	45	56	64	74	85	100	115	136
H (min.)	mm	34	38	49	58	69	89	108	117	136	160	179	210



The above dimensions should be used when connecting stainless forks to a carbon steel connection plate. This then allows space for isolation sleeves and washers. If connecting to a stainless connection plate where no isolation is required, please use dimensions in table 13.

Isolation Dimensions for Macalloy S460														
		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	
Isolation Sleeve		IS10	IS12	IS16	IS20	IS24	IS30	IS36	IS42	IS48	IS56	IS64	IS71	
Length	mm	9	10	13	16	21	23	31	36	41	46	55	71	
ID	mm	11.5	13.0	17.0	21.0	25.0	31.0	37.0	43.0	39.0	57.0	64.5	77.5	
OD	mm	14.5	16.0	20.0	24.5	29.0	35.0	41.0	47.0	54.0	62.0	71.0	84.0	
Isolation Washer	mm	IW10	IW12	IW16	IW20	IW24	IW30	IW36	IW42	IW48	IW56	IW64	IW76	
D	mm	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
OD	mm	26	30	41	46	57	74	83	98	110	135	155	190	



Whitelee Wind Farm,
Eaglesham Moor, UK
Architect: Hypostyle
Contractor: Morrison Construction

Fork / Gusset Plate Misalignment



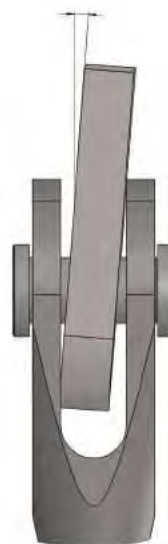
Forks should be kept in plane and parallel to each other on all Macalloy Tension Structure Systems.



Use of horizontal gusset plates should be avoided to prevent loads in gusset plates due to bar weight.

The standard Macalloy fork allows for misalignment between gusset plates of up to 0.5° . Where greater adjustment is required or there is potential movement exceeding 0.5° , larger forks can be put on the bar or strut and a spherical bearing can be inserted providing up to 5.9° of misalignment / movement.

Max = 0.5°



Standard Arrangement

Max = 5.9°



Additional misalignment with spherical bearing

Macalloy Site Services

Site support – Macalloy site services personnel can provide on site support in the form of undertaking stressing, training local personnel and providing supervision.

Equipment Hire – Macalloy Site services can provide a range of equipment to assist with the installation of tension bars including hydraulic jacks, Macalloy TechnoTensioner, strap and chain wrenches and strain gauges.

Bespoke Systems

Macalloy can supply a range of special items, including but not limited to:

- Higher strength tension bar – up to 690 N/mm^2 minimum yield strength
- Larger diameter tension bars
- Bespoke cast and fabricated connection pieces
- Spade Connections
- Oversized forks or spades on smaller diameter bars, cables or struts

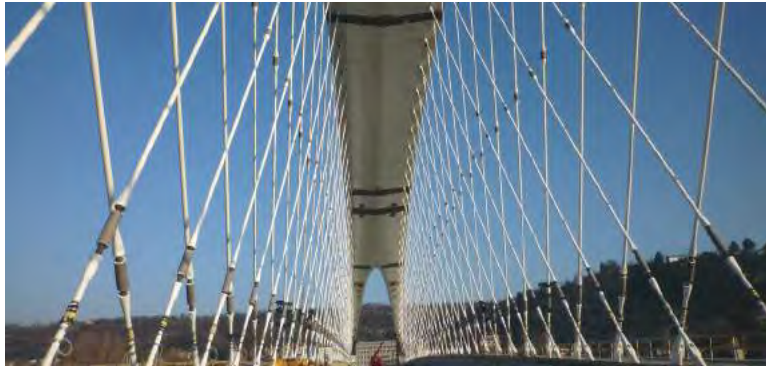
Engineering Support

Macalloy engineering team can provide support and advice on a range of issues including fire protection, thermal expansion, installation/stressing and managing misalignment and movement.

University of Minnesota

USA

Architects: HGA, KPF



Troja Bridge

Czech Republic

Steel Work Designer - Excon Steel

Main Contractor - Metrostav

Dubai Airport

UAE

Engineer: Dar Al-Handasah

Client: Josef Gartner



Mbombela Stadium

Nelspruit South Africa

Client - Mbombela Local Municipality

Structural Engineer - Mott MacDonald

Macalloy

Macalloy, Caxton Way, Dinnington, Sheffield, S25 3QE, U.K.

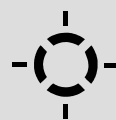
T: +44 (0)1909 519200 | W: www.macalloy.com | E: sales@macalloy.com



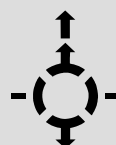
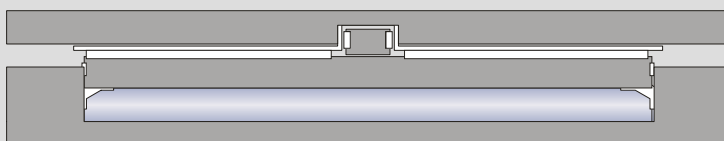
RESTON®POT

The pot bearing with POM-Sealing, developed to satisfy the highest quality requirements and certified in accordance with the new European standard EN 1337-5.

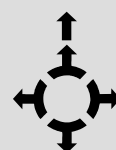
TF



TE



TA

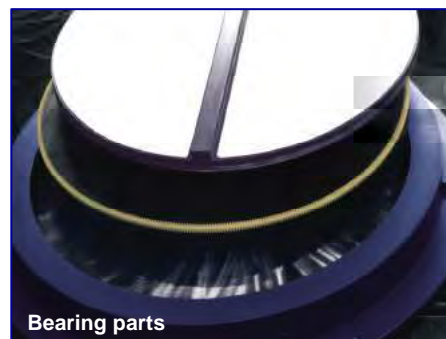


- Certified with CE-label.
- Design in accordance
with EN 1337-5.

Contents

Page

Introduction	2
Construction, design and layout	3
Product characteristics	4
Labels and pre-settings	5
TF Series - Fixed	6
TE Series – Guided sliding	8
TA Series – Free sliding	10
Fixing types	12
Special structures	13
Assembly and installation	14
Quotations and orders	15
Products and references	16



Principle

A natural rubber pad is placed in a steel pot, and a steel plate (piston) is placed on top. Under high pressure the pad loses its stiffness: its elasticity enables tilting movements of the piston about any horizontal axis.

Depending on whether it is a fixed, guided sliding or free sliding bearing, it can accommodate horizontal forces and movements (longitudinal or transverse) as well as vertical loads.

Quality

mageba pot bearings have been used successfully more than 50,000 times over a period of over four decades throughout the world.

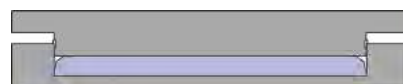
Quality and durability of bearings are ensured by:

- Qualified and experienced personnel
- Cleverly designed and reliable components (e.g. POM-sealing)
- High-quality materials (PTFE-disc with a minimum thickness of 5 mm, DU-strips with bronze pieces, well controlled silicone oil, etc.)
- High quality standard (certified to ISO9001:2000 & EN729-2)
- External supervision by a recognised building supervision institute (MPA Stuttgart, Germany)
- Licences and QA certified working and manufacturing practice

RESTON®POT bearings are manufactured in accordance with European Standard EN1337-5. They are marked with the CE label, which confirms that they fulfil every requirement of this standard.

The quality and conformity is regularly inspected by the independent inspection institute MPA Stuttgart in Germany.

TF (fixed)



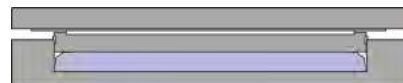
The fixed bearing is immovable and can accommodate horizontal forces from any direction.

TE (guided sliding)



The guided sliding bearing is movable in one direction and can accommodate horizontal forces perpendicular to this direction.

TA (free sliding)



The free sliding bearing is movable in all directions and therefore can not accommodate any horizontal forces.

Design according to Eurocode 1

The load combinations on pages 6, 8 and 10 conform to the „new design concept“ according to Eurocode 1 (EN 1991-2:2003. Actions on structures. Traffic loads on bridges). Should the input loads not conform to the Eurocode, the design proof is to be carried out in accordance with the appropriate standard (DIN, AASHTO, BS, SIA, etc). The constructive details according to EN 1337-5 will not be affected by this.

Special requirements of EN 1337-5/2

mageba pot bearings satisfy all requirements of the European bearing standard EN 1337-5/2. This standard places special demands on bearing suppliers, such as:

(1) Requirement of EN 1337: “Provision against contamination of the sliding surface shall be made by suitable devices. Such protection devices shall be easily removable for the purpose of inspection.”: mageba satisfies this by providing rubber skirts around the bearing to keep dust out. These skirts are connected by velcro-type fasteners, allowing them to be easily removed without tools for inspections etc.

(2) Requirement of EN 1337: “In order to ensure bearing alignment in accordance with EN 1337-11 a reference surface or other suitable device shall be installed on the sliding element. The deviation from parallel of the reference surface with respect to the plane sliding surface shall not exceed 1 ‰”. mageba pot bearings are therefore fitted with two spirit levels per bearing (one each in the x- and y-directions, accuracy of reading 0.6 ‰). These permanent spirit levels can be used to check levelness both during bearing installation, and when in service.

Additional options:

mageba bearings according to EN 1337 can additionally be provided with the following components (acc. to German Approval):

- Three-point measuring level for a more accurate levelling of the bearing
- Folding sheet for dust protection of the sliding plate

Coefficient of friction:

$$\mu = \frac{1,2}{\delta_{PTFE} + 10} \quad \text{where } 0,03 \leq \mu \leq 0,08$$

δ_{PTFE} = average PTFE-stress

Horizontal friction force:

$$\text{TA-bearing: } V_{xSd} = N_{Sd} \cdot \mu$$

$$\text{TE-bearing: } V_{xSd} = N_{Sd} \cdot \mu + V_y \cdot 0,2$$

V_{xSd} : Horizontal friction force
 N_{Sd} : Vertical force on bearing
 V_y : Transverse force on bearing



Design criteria

Movements: The dimension sheets on pages 9 and 11 give the main dimensions of the bearings. They apply the following movements :

TE **longitudinal:** 100 mm total **transverse:** -
 TA **longitudinal:** 100 mm total **transverse:** 40 mm total
 Larger longitudinal and transverse movements are also possible. In such cases, the top anchoring and the dimensions of the sliding plate are to be adapted.

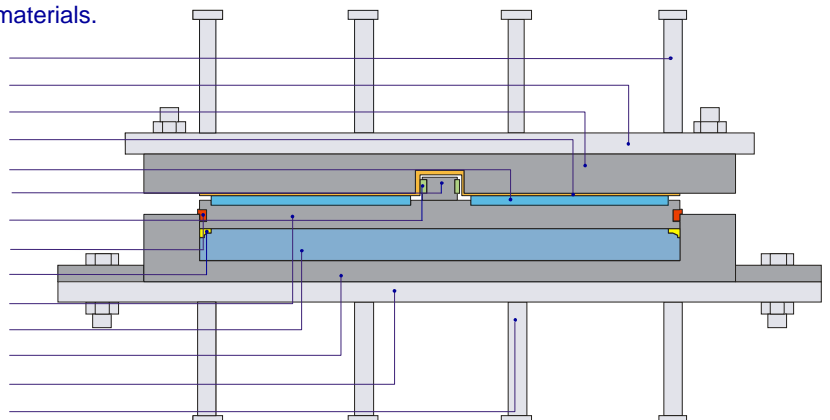
Rotations: The standard rotation about any axis is 0,013 radians. For bigger rotations, we adapt the bearings individually.

Friction: Sliding resistance is calculated on the basis of the PTFE-stress with relevant loading as well as horizontal load (see adjacent).

Pot bearing cross section

The design of the bearing may vary slightly, depending on the bearing type. However, mageba pot bearings are made exclusively from high-quality materials.

- Upper shear bolt– optional
- Top anchor plate– optional
- Sliding plate (S355 J2G3)
- Stainless steel sliding plate (X5CrNiMo 17 12 2)
- Sliding partner (PTFE, bordered)
- Guide bar (S355 J2G3)
- Sliding elements DUB (PTFE, bronze, lead)
- Dust seal (silicone rubber)
- Seal (POM Seal chain)
- Cover (S355 J2G3)
- Elastomeric pad (natural rubber)
- Pot (S355 J2G3)
- Bottom anchor plate – optional
- Bottom shear bolt - optional





Clever seal design (POM sealing)

A key element of the pot bearing is the elastomeric pressure pad which acts like a viscous fluid under pressure, permitting the bearing's piston to rotate. There must be a reliable seal between the pot and the cover to permit and ensure the correct functioning of this pressure pad. mageba has developed a POM seal to fulfil this purpose. It has the following advantages:

- Secure anchoring in the pressure pad
- Especially abrasion-proof hard plastic (POM)
- Numerous individual components that adapt easily to all deformations
- No noise emissions during sudden tilts

Experts worldwide consider mageba's POM seal to be the best in terms of durability, long service life and reliability. Upon request we can provide test certificates proving the outstanding performance of the POM Seal.



Sliding plates

For sliding bearings, mageba uses exclusively PTFE-plates which are quality controlled for use in bridge bearings. The thickness varies in accordance with the bearing size, however, the minimum thickness is 5 mm. The sliding surfaces are provided with lubrication pockets for lubricant storage. Quality-controlled silicone oil is used as a lubricant; it maintains its consistency for a very long time and remains effective even at -35°C.

The side guides consist of DUB composite material. The DUB material has a thickness of 2.5 mm and is connected to the guide bar of the bearing so that shear forces can be accommodated.

For the sliding partner, quality controlled stainless steel sheeting (X2CrNiMo 17-12-2, material No. 1.4404) with a minimum thickness of 1.5 mm is used.

Corrosion protection

Steel components exposed to the elements are corrosion protected. mageba adjusts the corrosion protection to suit exposure conditions or customer requirements.

Standard corrosion protection is as follows:

- Sandblasting SA3
- Zinc metal spray galvanizing
- Two top coatings with 2-part micaceous iron ore paint



Guaranteed quality

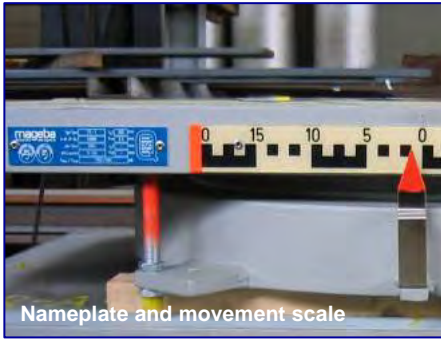
Many thousands of mageba pot bearings have been functioning reliably under heavy traffic conditions for more than 40 years and continue to do so. Quality and durability are guaranteed by the following factors:

- Qualified staff with many years of experience
- Process-orientated Quality Assurance (ISO 9001 / EN 29001)
- Welding certificate according to EN 729-2
- Professional installation on the bridge

External quality control

In addition to internal supervision, mageba has its production facilities regularly controlled by the recognised independent building supervision institute, MPA Stuttgart. This institute controls mageba's internal supervision and adherence to norms and approvals. This external quality control corresponds to the provisions of European norm (pr) EN 1337, and is another guarantee of the consistently high quality of mageba products.





Nameplate and movement scale



Label for identification and tracking of the item.

Comprehensive labelling

All bearings are provided with a label which supports professional installation of the bearing.

The typeface on the cover or sliding plate gives information on the type, size and number of a bearing. Moreover, arrows indicate the movement axis and the presetting direction as follows:

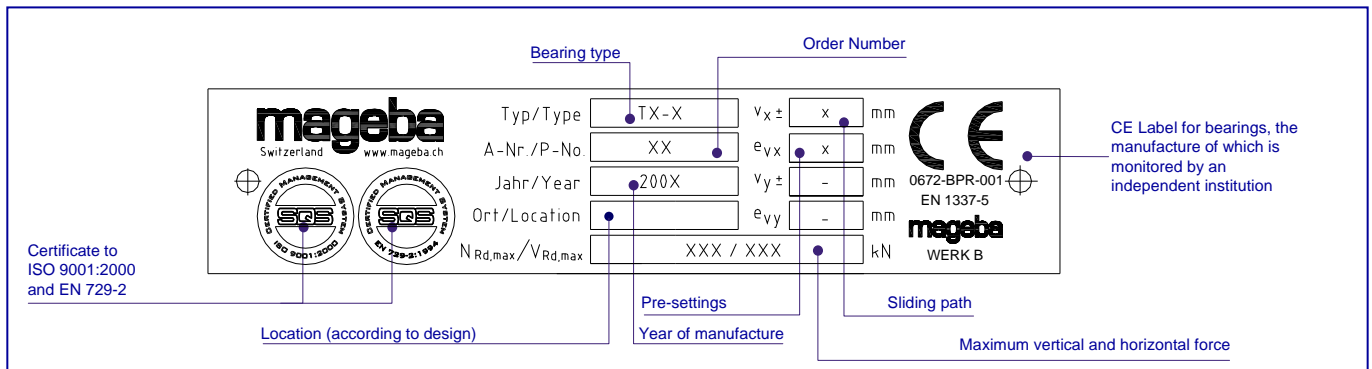
- **Arrows**
Arrows indicate the main movement directions of movable bearings
- **Double Arrows**
Double arrows on the sliding bearings indicate the presetting direction
- **Note**
Temporary fixings are specially marked. They should be checked carefully in accordance with the bearing layout plan.

CE Conformity

All mageba RESTON®POT bearings, which are manufactured in accordance with European Standard EN 1337-5, are clearly marked with the CE label. This label confirms that the pot bearing satisfies all requirements of the new European standard, without exception.

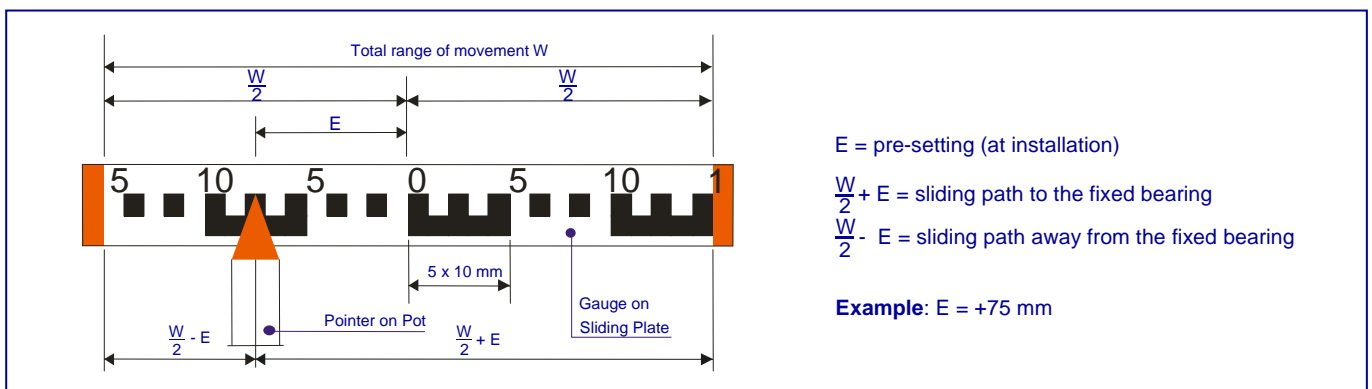
Information label

All the important bearing information is presented on the nameplate:



Movement gauge

The movement gauge indicates horizontal movement and pre-settings of the bearing:





Function

The TF bearings are immovable and can accommodate horizontal forces from any direction.

Movement in any direction is practically zero with fixed bearings. However, in practice there is 1mm clearance between pot and cover.

Load combination

All standard bearings are designed to withstand maximum concurrent vertical and horizontal loads.

Maximum horizontal loads are based on a concurrent minimum vertical load of about 0.4 times the maximum vertical load (friction impact). The following table shows these minimum loads.

Concrete stress

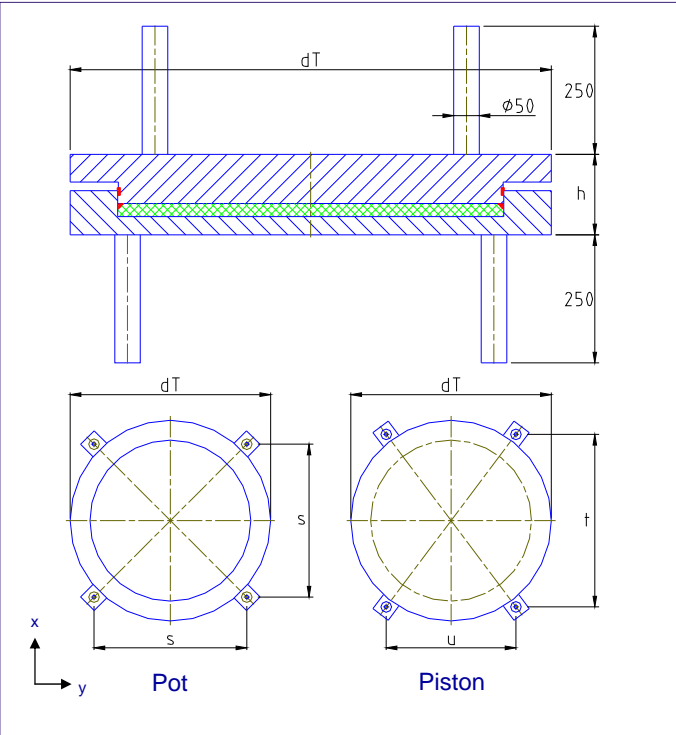
Concrete stress is calculated in accordance with European Standard EC 2 (partial area stress). Structural requirements are normally satisfied when concrete of grade C30/37 or greater is used and the spread area is about 1.6 times the pot diameter at the column and superstructure.

Loads

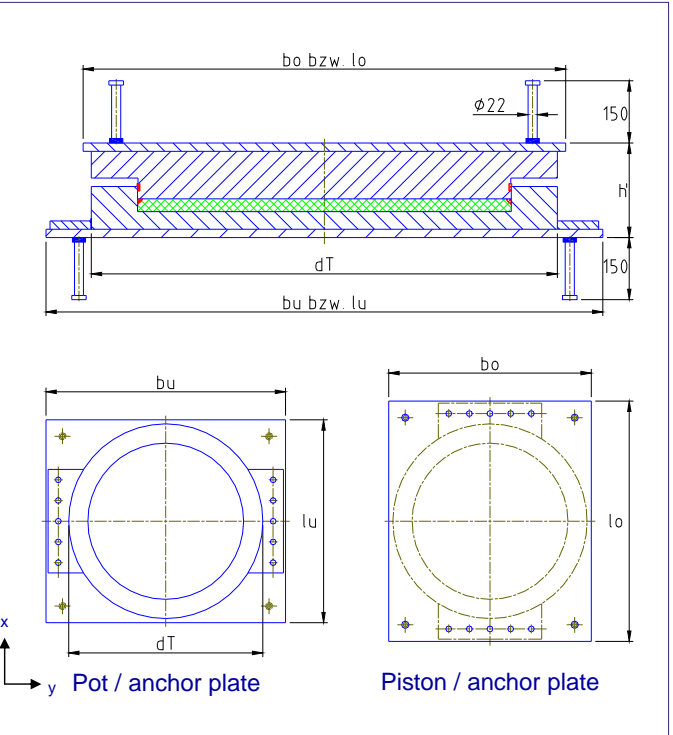
Type & Size	Bearing with anchor bolts			Bearings with anchor plates		
	Loads [kN]			Loads [kN]		
	Vertical		Horizontal	Vertical		Horizontal
	N _{Rd, max}	N _{Rd, min}	V _{xyRd, max}	N _{Rd, max}	N _{Rd, min}	V _{xyRd, max}
TF 1	852	323	280	852	315	280
TF 2	1'706	683	460	1'706	672	460
TF 3	2'935	976	705	2'935	630	705
TF 4	4'496	1'634	1'034	4'496	1'310	1'034
TF 5	6'388	2'060	1'247	6'388	1'711	1'247
TF 6	8'647	2'678	1'556	8'647	2'232	1'556
TF 7	11'207	3'376	1'905	11'207	3'012	1'905
TF 8	14'143	3'878	2'263	14'143	3'775	2'263
TF9	17'422	4'404	2'526	17'422	4'172	2'526
TF 10	20'986	5'228	2'938	20'986	4'996	2'938
TF 11	24'942	6'086	3'367	24'942	5'854	3'367
TF 12	29'239	6'952	3'800	29'239	6'720	3'800
TF 13	33'807	8'142	4'395	33'807	7'910	4'395
TF 14	38'782	8'660	4'654	38'782	8'612	4'654
TF 15	44'098	9'052	4'850	44'098	8'820	4'850
TF 16	49'671	9'286	4'967	49'671	9'054	4'967
TF 17	55'665	9'372	5'010	55'665	9'140	5'010
TF 18	62'000	9'892	5'270	62'000	9'660	5'270
TF 19	68'577	10'324	5'486	68'577	10'092	5'486
TF 20	75'590	10'692	5'670	75'590	10'460	5'670

N_{Rd,max}: Maximum bearing capacity of the bearing under compression force
N_{Rd,min}: Minimum bearing capacity of the bearing under compression force with simultaneous shear force V_{xyRd, max}
V_{xyRd,max}: Maximum bearing capacity of the bearing under shear force

Bearing with anchor bolts



Bearing with anchor plates



Dimensions

Type & size	Bearing with anchor bolts						Bearing with anchor plates						
	Dimensions					Weight [kg]	Dimensions						Weight [kg]
	[mm]						[mm]						
	dT	s	t	u	h		dT	lu	bu	lo	bo	h'	
TF 1	200	177	217	125	76	30	200	220	310	310	220	112	45
TF 2	280	233	286	165	79	50	280	300	390	390	300	112	75
TF 3	365	301	348	244	87	90	365	390	510	510	390	119	130
TF 4	455	364	422	295	95	130	455	480	600	600	480	128	200
TF 5	540	424	491	344	100	180	540	560	700	700	560	136	290
TF 6	625	484	561	393	111	250	625	650	790	790	650	149	410
TF 7	710	544	631	442	122	345	710	730	910	910	730	160	555
TF 8	795	612	709	496	126	445	795	820	960	960	620	164	680
TF 9	875	668	774	542	136	570	875	900	1'080	1'080	900	174	865
TF 10	975	739	801	672	151	775	975	1'000	1'180	1'180	1'000	193	1'180
TF 11	1'060	799	866	726	151	890	1'060	1'080	1'280	1'280	1'080	193	1'375
TF 12	1'145	859	931	781	159	1'080	1'145	1'170	1'370	1'370	1'170	201	1'650
TF 13	1'225	916	992	832	174	1'345	1'225	1'250	1'510	1'510	1'250	222	2'120
TF 14	1'300	969	1'049	881	188	1'625	1'300	1'320	1'580	1'580	1'320	236	2'475
TF 15	1'380	1'025	1'111	932	188	1'800	1'380	1'400	1'660	1'660	1'400	237	2'770
TF 16	1'455	1'078	1'168	980	202	2'140	1'455	1'480	1'740	1'740	1'480	250	3'205
TF 17	1'530	1'131	1'226	1'028	216	2'525	1'530	1'550	1'810	1'810	1'550	262	3'715
TF 18	1'600	1'181	1'279	1'073	222	2'800	1'600	1'620	1'880	1'880	1'620	272	4'090
TF 19	1'680	1'237	1'341	1'125	223	3'055	1'680	1'700	1'960	1'960	1'700	273	4'460
TF 20	1'760	1'294	1'402	1'176	242	3'660	1'760	1'780	2'040	2'040	1'780	292	5'190

Note: Due to production tolerances the bearing height h or h' may be greater than indicated in the table above by up to 10 mm.

Position of the guide:

Small TE bearings (up to type 4) are fitted with an external guide for static reasons.

Medium TE bearings (type 5 to 8) are fitted with an external or central guide depending on the size of the horizontal force relative to the vertical force.

Large TE bearings (starting from type 9) are usually fitted with a central guide.



TE Bearing in factory

Function

TE bearings allow movement in one direction and can accommodate horizontal forces perpendicular to this direction.

TE bearings can be fitted with either one central guide (indicated by "i" in bearing type) or two external guides (indicated by "a").

Movement perpendicular to the guides is theoretically zero. In practice, there is up to 2 mm clearance. A DUB / stainless steel sliding system ensures smooth sliding in the guide.

Load combination

All standard bearings are designed so that they can accommodate maximum horizontal and vertical forces simultaneously.

Maximum allowed horizontal forces are based on a concurrent minimum vertical load of 0.4 times the maximum load. The following table indicates these loads.

Concrete stress

Concrete stress is calculated according to European Standard EC 2 (partial area stress). Structural requirements are normally satisfied when concrete of grade C30/37 or greater is used and the spread area is about 1.6 times the pot diameter at the column and superstructure.

Loads

Type & size	Bearing with anchor bolts			Bearing with anchor plates		
	Vertical		Horizontal	Vertical		Horizontal
	Loads [kN]		Loads [kN]	Loads [kN]		Loads [kN]
	$N_{Rd,max}$	$N_{Rd,min}$	$V_{yRd,max}$	$N_{Rd,max}$	$N_{Rd,min}$	$V_{yRd,max}$
TE 1a	620	356	192	620	356	192
TE 2a	1'486	488	329	1'486	488	329
TE 3a	2'772	887	542	2'772	881	542
TE 4a	4'395	1'425	897	4'395	1'034	897
TE 5a	6'388	1'792	1'071	6'388	1'341	1'071
TE 6a	8'647	2'166	1'248	8'647	1'714	1'248
TE 7a	11'207	2'536	1'422	11'207	2'083	1'422
TE 8a	14'143	2'695	1'599	14'143	2'458	1'599
TE 5i	4'780	1'785	1'071	4'780	1'425	1'071
TE 6i	7'011	2'158	1'248	7'011	1'708	1'248
TE 7i	9'627	2'527	1'422	9'627	2'076	1'422
TE 8i	12'678	2'687	1'599	12'678	2'451	1'599
TE 9i	16'128	3'062	1'775	16'128	2'825	1'775
TE 10i	19'917	3'435	1'950	19'917	3'199	1'950
TE 11i	24'169	3'812	2'126	24'169	3'575	2'126
TE 12i	28'820	4'192	2'303	28'820	3'954	2'303
TE 13i	33'771	4'566	2'477	33'771	4'335	2'477
TE 14i	38'782	4'947	2'654	38'782	4'708	2'654
TE 15i	44'098	5'329	2'831	44'098	5'090	2'831
TE 16i	49'671	5'706	3'008	49'671	5'463	3'008
TE 17i	55'665	6'087	3'185	55'665	5'836	3'185
TE 18i	62'000	6'468	3'362	62'000	6'209	3'362
TE 19i	68'577	6'849	3'539	68'577	6'582	3'539
TE 20i	75'590	7'230	3'716	75'590	6'955	3'716

$V_{xyRd,max}$: Maximum bearing capacity of the bearing under shear force

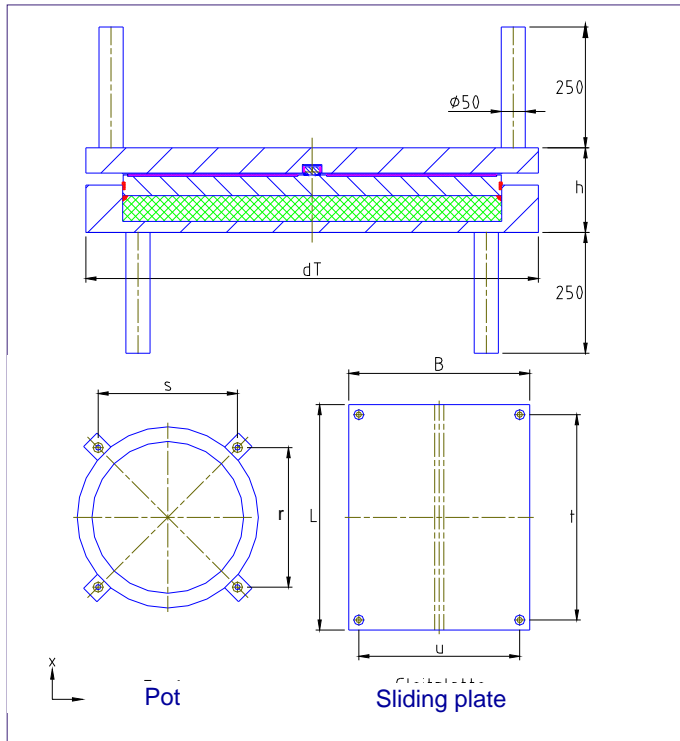
$N_{Rd,max}$: Maximum bearing capacity of the bearing under compressive force

$N_{Rd,min}$: Minimum bearing capacity of the bearing under compressive force with a simultaneous shear force $V_{xyRd,max}$

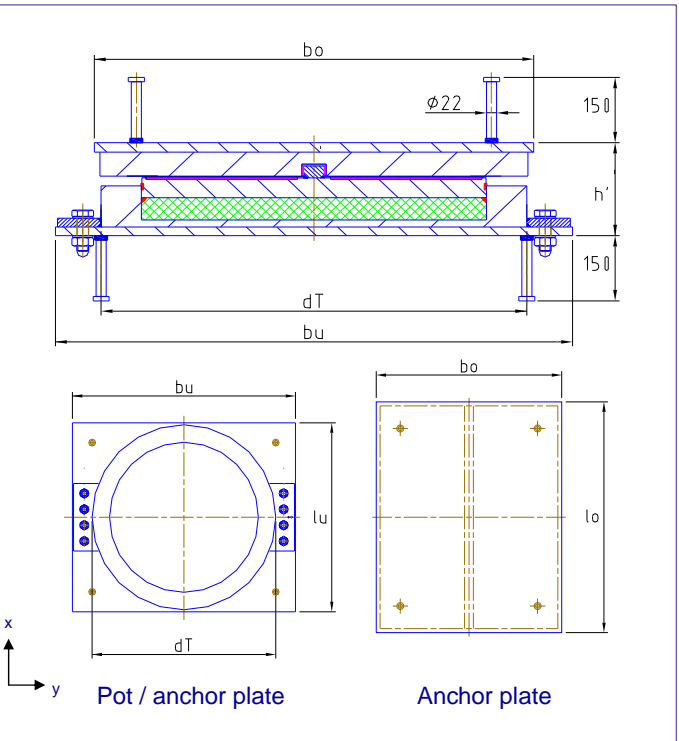
a: External guides

i: Central (or internal) guides

Bearing with anchor bolts



Bearing with anchor plates



Dimensions

Type & size	Bearing with anchor bolts									Bearing with anchor plates						
	Bearing dimensions								Weight	Bearing dimensions						Weight
	[mm]									[mm]						
	dT	B	L	r	s	t	u	h		[kg]	dT	bu	lu	bo	lo	
TE 1a	200	270	390	144	204	346	214	92	50	200	330	220	290	410	125	70
TE 2a	270	330	450	184	262	406	274	102	80	270	420	290	350	470	135	115
TE 3a	360	420	520	236	335	476	364	114	135	360	510	380	440	540	148	195
TE 4a	450	510	590	285	423	536	430	140	245	450	600	470	530	610	172	320
TE 5a	535	580	660	341	487	606	480	144	320	535	700	560	600	700	182	445
TE 6a	620	650	730	390	557	676	560	158	440	620	790	640	670	760	195	595
TE 7a	690	710	810	430	614	754	614	165	545	690	860	710	730	840	202	730
TE 8a	780	780	880	500	688	814	690	174	715	780	950	800	800	900	212	935
TE 5i	525	530	630	336	479	576	450	144	290	525	700	550	550	670	181	395
TE 6i	610	615	710	384	548	654	526	154	390	610	780	630	640	740	191	530
TE 7i	685	690	790	428	610	734	620	160	500	685	860	710	710	810	197	675
TE 8i	770	775	870	482	688	804	684	164	645	770	940	790	800	890	201	840
TE 9i	850	855	950	528	754	884	764	168	780	850	1050	870	880	970	205	1'030
TE 10i	930	935	1'030	573	819	964	869	175	950	930	1130	950	960	1'050	214	1'260
TE 11i	1'025	1'030	1'130	628	897	1'064	964	188	1'230	1'025	1'230	1'050	1'050	1'150	228	1'620
TE 12i	1'105	1'110	1'210	674	963	1'144	1'044	202	1'520	1'105	1'310	1'130	1'130	1'230	242	1'970
TE 13i	1'175	1'180	1'280	714	1'019	1'214	1'114	216	1'830	1'175	1'380	1'200	1'200	1'300	262	2'410
TE 14i	1'255	1'260	1'360	760	1'085	1'294	1'194	225	2'140	1'255	1'460	1'280	1'280	1'380	271	2810
TE 15i	1'340	1'345	1'440	809	1'155	1'374	1'279	238	2'570	1'340	1'540	1'360	1'370	1'460	285	3'340
TE 16i	1'450	1'455	1'550	872	1'245	1'484	1'389	250	3'180	1'450	1'670	1'470	1'480	1'570	302	4'180
TE 17i	1'525	1'530	1'630	915	1'307	1'564	1'464	266	3'730	1'525	1'750	1'550	1'550	1'650	318	4'780
TE 18i	1'600	1'605	1'700	958	1'368	1'634	1'539	280	4'300	1'600	1'890	1'620	1'630	1'720	335	5'620
TE 19i	1'680	1'685	1'780	1'003	1'433	1'714	1'619	294	4'980	1'680	1'970	1'700	1'710	1'800	349	6'420
TE 20i	1'755	1'760	1'860	1'046	1'494	1'794	1'694	302	5'540	1'755	2'050	1'780	1'780	1'880	357	7'120

The catalogue dimensions L, t, and lo are designed for a total longitudinal movement (W) of 100 mm. For greater movements, the dimensions have to be adapted respectively (e.g. for W= 350 mm: L, t and lo must be increased by 250 mm).

Note: Due to production tolerances, the bearing height h or h' may be greater than indicated in the table above, by up to 10 mm.



Function

The TA bearing allows movement in all directions and therefore does not accommodate any horizontal forces.

Lateral displacement of TA Bearings is normally limited to +/- 20 mm. Bearings which allow larger lateral displacement can be designed on request.

Concrete stress

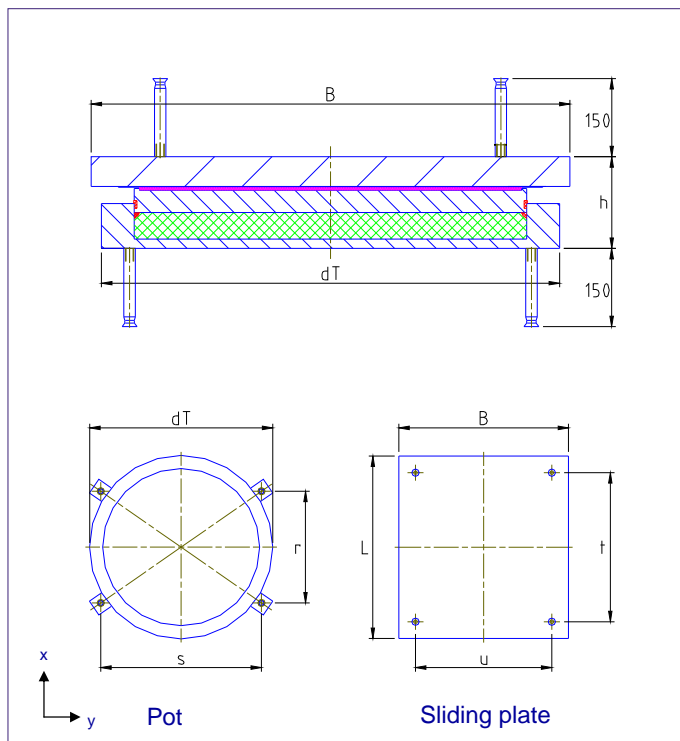
Concrete stress is calculated according to European Standard EC 2 (partial area stress). Structural requirements are normally satisfied when concrete of grade C30/37 or greater is used and the spread area is about 1.6 times the pot diameter at the column and superstructure.

Loads

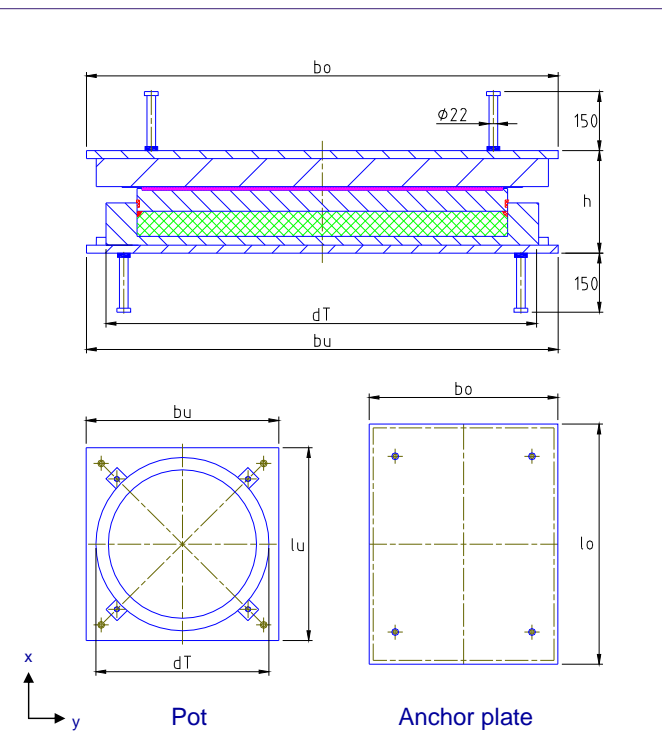
Type & Size	Loads [kN]
	Vertical
	$N_{Rd,max}$
TA 1	714
TA 2	1'595
TA 3	2'913
TA 4	4'496
TA 5	6'388
TA 6	8'647
TA 7	11'207
TA 8	14'143
TA 9	17'422
TA 10	20'986
TA 11	24'942
TA 12	29'239
TA 13	33'807
TA 14	38'782
TA 15	44'098
TA 16	49'671
TA 17	55'665
TA 18	62'000
TA 19	68'577
TA 20	75'590

$N_{Rd,max}$: Maximum bearing capacity of the bearing under compressive force

Bearing with threaded sleeve anchorages



Bearing with anchor plates



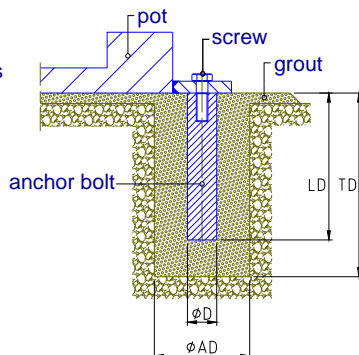
Dimensions

Type & Size	Bearing without anchor plate									Bearing with anchor plates						
	Dimensions [mm]								Weight [kg]	Dimensions						Weight [kg]
										[mm]						
	dT	B	L	r	s	t	u	h		dT	bu	lu	bo	lo	h'	
TA 1	200	250	300	171	182	272	208	86	30	200	270	270	270	320	120	55
TA 2	270	310	370	209	243	328	268	86	45	270	320	320	330	390	120	80
TA 3	350	390	450	257	306	408	348	95	80	350	380	380	410	470	128	130
TA 4	420	460	520	279	378	478	418	105	125	420	450	450	480	540	138	190
TA 5	500	540	600	319	448	558	498	119	195	500	520	520	560	620	155	290
TA 6	570	610	670	382	501	616	556	123	255	570	600	600	630	690	161	380
TA 7	650	690	750	421	571	696	636	137	360	650	670	670	710	770	175	515
TA 8	720	760	820	451	637	766	706	147	470	720	740	740	780	840	184	650
TA 9	800	840	900	490	707	846	786	162	630	800	820	820	860	920	199	855
TA 10	880	920	980	536	772	926	866	176	820	880	900	900	940	1'000	215	1'105
TA 11	960	1'000	1'060	576	842	1'006	946	183	1'010	960	980	980	1'020	1'080	223	1'355
TA 12	1'040	1'080	1'140	660	892	1'074	1'014	192	1'235	1'040	1'060	1'060	1'100	1'160	233	1'645
TA 13	1'130	1'170	1'230	717	962	1'164	1'104	211	1'595	1'130	1'150	1'150	1'190	1'250	257	2'130
TA 14	1'210	1'250	1'310	763	1'028	1'244	1'184	226	1'950	1'210	1'230	1'230	1'270	1'330	272	2'560
TA 15	1'300	1'340	1'400	821	1'097	1'334	1'274	235	2'325	1'300	1'320	1'320	1'360	1'420	281	3'025
TA 16	1'380	1'420	1'480	867	1'163	1'414	1'354	249	2'775	1'380	1'400	1'400	1'440	1'500	300	3'650
TA 17	1'460	1'500	1'560	906	1'233	1'494	1'434	262	3'270	1'460	1'480	1'480	1'520	1'580	314	4'260
TA 18	1'540	1'580	1'640	946	1'303	1'574	1'514	271	3'730	1'540	1'560	1'560	1'600	1'660	326	4'885
TA 19	1'620	1'660	1'720	993	1'367	1'654	1'594	281	4'245	1'620	1'640	1'640	1'680	1'740	336	5'520
TA 20	1'710	1'750	1'810	1'049	1'438	1'744	1'684	300	5'105	1'710	1'730	1'730	1'770	1'830	355	6'520

The catalogue dimensions B, L, u, t, bo and lo are designed for total longitudinal movement (W) of 100 mm and lateral movement (W') of 40 mm. For greater movements, the dimensions must be adapted respectively (e.g. for W=350 mm and W'=100 mm: L, t, and lo must be increased by 250 and B, u, and bo by 60 mm).

Anchor bolts

- Suitable for TE & TF bearings without anchor plate
- For resistance of horizontal forces
- Can be omitted if sufficient vertical force acts



Pot bearing with anchor bolts

Note:

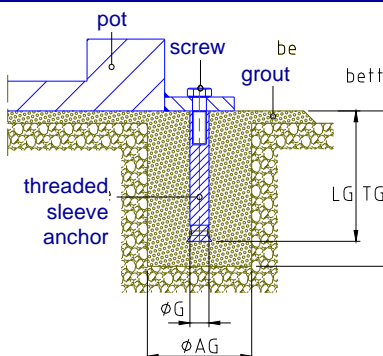
If there is sufficient friction between the bearing and the sub- or superstructure to accommodate horizontal forces the anchor bolts or threaded sleeve anchors can be omitted.

Recess:

Static requirements determine the anchor size. Suitable recesses (ϕA , T) are presented in the adjacent tables.

Threaded sleeve anchors

- Suitable for TA Bearings without anchor plate
- Structural connection to the bearing socket
- Can be left out if necessary



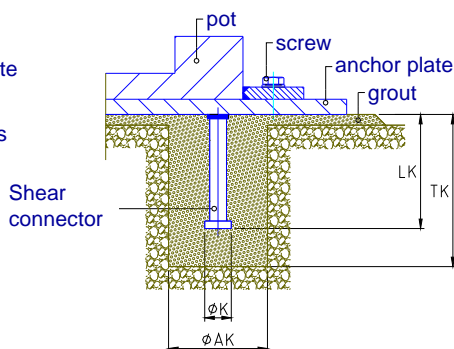
Screw	Threaded sleeve anchors		Recess	
	ØG	LG	ØAG	TG
M 12	17	100	150	150
M 16	22	150	150	200
M 20	26	150	150	200



Pot bearing with threaded sleeve anchor

Anchor plates

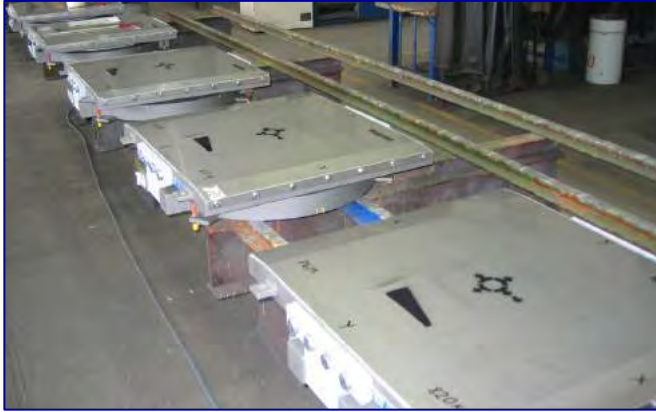
- Anchoring of the anchor plate with shear connectors
- Number of shear connectors depends on the static circumstances



Ø	Shear connector		Recess	
	ØK	LK	ØAK	TK
22	35	150	150	200



Pot bearing with anchor plates



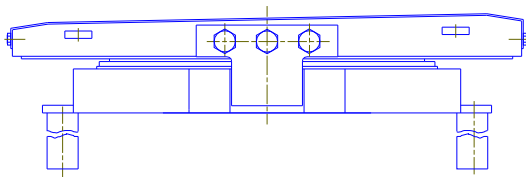
RESTON®POT ILM Incremental launching bearing

The same bearing can be used for both the installation of the bridge and as a permanent bearing.

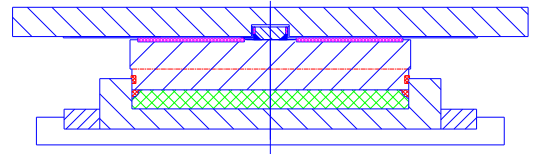


RESTON®POT CONTROL Lift & measurement bearings

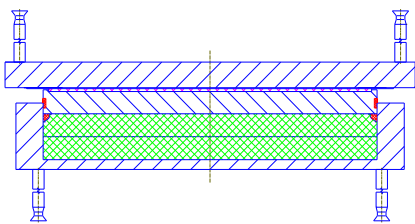
The loads acting on the bearing can be constantly electronically monitored. This bearing can also be used to lift the bridge.



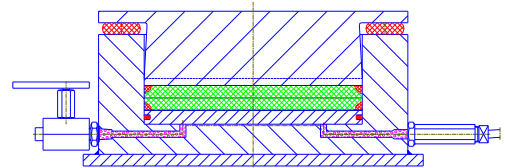
ILM - bearing



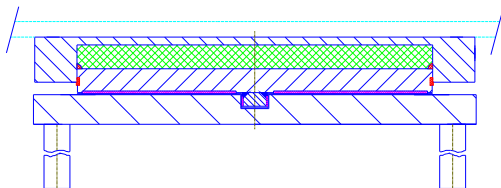
Lateral catch with block



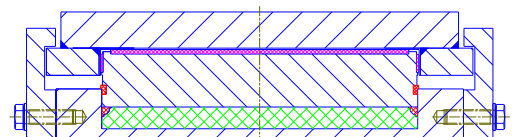
Pot bearing for large tilts



Measuring and lifting bearing



Bearing installed reversed for steel superstructure



TE- bearing with uplift protection



Formation of a steel ring



Lid of the pot bearing



Greasing of a sliding plate



Bringing together of pot and lid



Positioning of a pot bearing

General

mageba pot bearings are high quality engineering components which must be handled with care during transport, assembly and installation.

Sliding surfaces, seals, movement scales and corrosion protection are sensitive to damage and require particular protection.

Assembly

We assemble the bearings in the factory. Pot and piston, or sliding plate, are clamped together with four bolts for safe transportation.

Presetting

If the presetting of bearings is required, please submit the exact presetting value *E* before start of the manufacturing. Presetting is always done in the factory and only trained employees may adjust the presetting value later.

Calibration

The bearing location plan is essential for a correct installation of the bearing. Pay particular attention to all markings and indications.

The structural axes are indicated with notches in the lower section of the pot ring to enable the bearing to be positioned in precisely the correct location.

The height and the horizontal position are adjusted by setscrews. The reference point for installation height is the centre of the top plate or sliding plate.

The reference plane for the horizontal position is the upper edge of the pot ring or the sliding surface for sliding bearings. The margin of error for the inclination must not exceed 3‰.

Placing

After positioning and before placing the grout layer, the recess spaces at the anchor bolts (if any) are concreted. Local shrinkage is thus avoided in this area. The mortar bed should not be thicker than 50mm. Most recognised fluid mortars or grouts that are poured into surrounding raised formwork are suitable for the mortar bed.

Sliding plates which project beyond the pot bearing must be rigidly supported at their corners before concreting the superstructure.

Commissioning

The pot bearing should be capable of moving freely as soon as the substructure and superstructure have been connected. To permit this, the four transportation bolts between the pot and the top plate or sliding plate must be cut through and removed.

Inspection and maintenance

The condition and position of the pot bearing should be inspected at regular intervals.

Your enquiry

When requesting a quotation, please provide the design criteria if possible, to enable us to give you the best quotation.

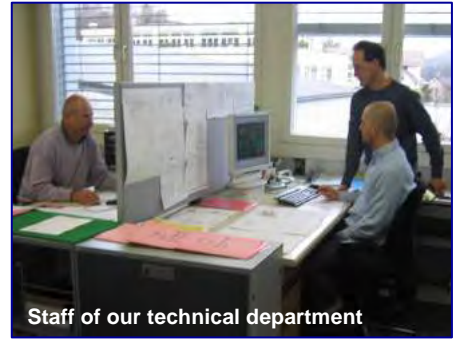
We process quotes immediately and make them available as soon as possible.

Our quotation

We can send you an indicative offer on the basis of classification and number of bearings. For a binding offer we need the following information:

- Maximum, minimum and permanent vertical loads
- Longitudinal and transverse forces
- Most unsuitable load combination with the maximum horizontal force and the minimum vertical load
- Movements in longitudinal and transverse directions of the bridge
- Rotations in longitudinal and transverse directions of the bridge
- Concrete strength
- General data on the structure (concrete or steel bridge, fixing details of the bridge bearings, etc.)

A more detailed list of the necessary information has been defined in European norm EN 1337, part 1, pages 26 – 27 (this can be downloaded from www.mageba.ch).



Staff of our technical department

Placing of orders

In addition to the information already supplied, the following documents are also necessary when placing an order:

- Layout drawing of the structure
- Details of all movements to be facilitated
- Pre-setting values

Work begins once the customer has approved and returned the documents, with pre-setting values indicated.

Delivery time is kept to a minimum thanks to an efficient order processing system and modern manufacturing methods.

The most important features of the mageba pot bearing to EN 1337

- mageba has been producing pot bearings since 1963
- Pot Bearings are approved in many countries, including Germany, Austria, Sweden and Finland
- Quality control in accordance with ISO 9001:2000 and certified in accordance with EN 729-2
- External quality control conducted by an independent building supervision institute
- Certificate for welding works in accordance with DIN 18800-7
- Design according to EC 3, BS 5400, DIN 18800, SIA 161 etc.
- Construction strictly according to EN 1337



Øresund Bridge, Denmark - Sweden
Equipped with mageba pot bearings for vertical loads up to 90'000 kN and horizontal loads up to 40'000 kN.



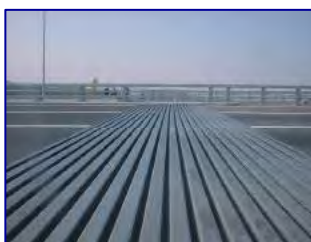
Bridge Bearings

- Pot Bearings
- Elastomeric Bearings
- Earthquake Bearings
- Spherical Bearings
- Incremental Launch Bearings
- Special Bearings
- Rocker Bearings



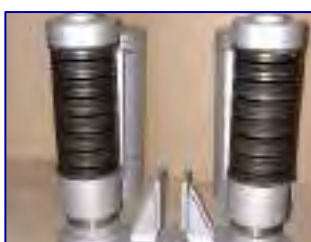
Expansion Joints

- Single Gap Joints
- Modular Expansion Joints
- Sliding Finger Joints
- Cantilever Finger Joints
- Matt Joints
- Railway Joints
- Architectural Joints



Shock Absorbers

- Hydraulic Shock Absorbers
- Spring Dampers



Services

- Inspections
- Tests
- Installations
- Refurbishments
- Cleaning
- Remote monitoring



More information on mageba and its products can be found on www.mageba.ch.

Worldwide references



Version 2008.02

mageba
Switzerland www.mageba.ch

mageba sa
Solistrasse 68
8180 Bülach
Switzerland
Tel.: +41-44-872 40 50
Fax: +41-44-872 40 59
info@mageba.ch

mageba gmbh
Fussach, Austria
Tel.: +43-5578-75593
Fax: +43-5578-73348
oesterreich@mageba.ch

mageba sa
Cugy VD, Switzerland
Tel.: +41-21-731-0710
Fax: +41-21-731-0711
suisse@mageba.ch

mageba gmbh
Uslar, Germany
Tel.: +49-5571-9256-0
Fax: +49-5571-9256-56
uslar@mageba.ch

mageba gmbh
Esslingen a.N., Germany
Tel.: +49-711-758844-0
Fax: +49-711-758844-56
stuttgart@mageba.ch

mageba Bridge Products (Pvt.) Ltd.
Kolkata, India
Tel.: +91-33-22900250 to -253
Fax: +91-33-22900254
info@mageba.in

mageba Bridge Products Pvt. Ltd.
Shanghai, China
Tel.: +86-21-5740 7635
Fax: +86-21-5740 7636
info@mageba.cn

BOR LOG EXPLORATION

PENGUJIAN TANAH STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

BORE HOLE No.
BH-01 (B-01)

JOB DESCRIPTIONS	Studi dan Kajian Teknis Pengamanan Koro, Turap		
LOCATION	Jalan Ahmad Yani, Boreau		
COORDINATES		DATE COMMENCED	22/02/2014
GROUND WATER LEVEL		DATE COMPLETED	
BORING METHOD/DE	Power Rig (Robin Machine)	SOL & MAT ENGINEER	Ir. Iskender Wardana, MT
TOTAL DEPTH (-m)	33 m	ROR MASTER/DRILLER	Petrin and Toun
		SHEET No	1 of 1

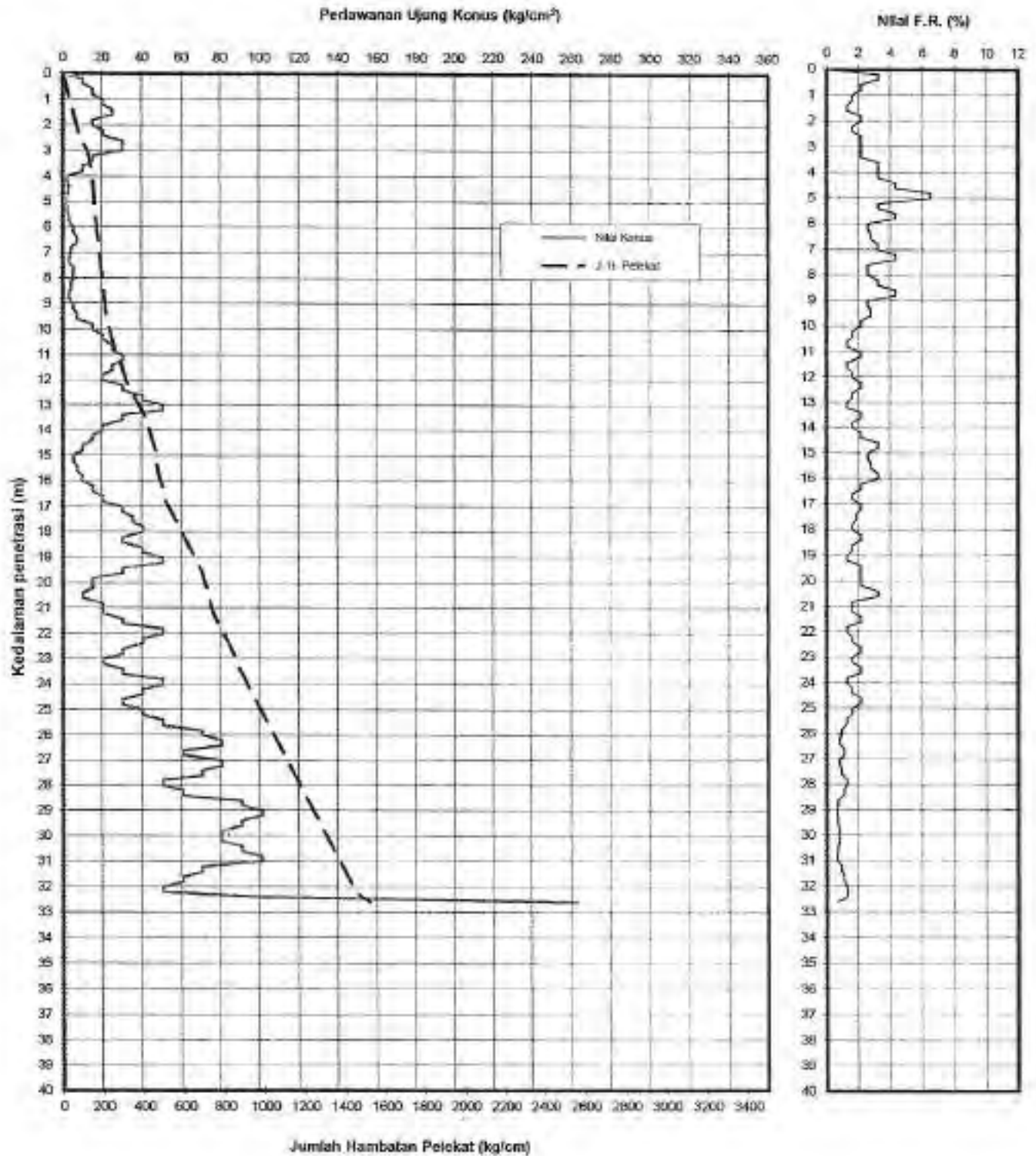
DEPTH (m)	Thickness (m)	G.W.L. (m)	SYMBOL	VISUAL DESCRIPTION	COLOR	UNDISTURBED SAMPLES	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)				
							SPT No	N VALUE			NUMBER OF BLOWS
								N1	N2	N3	
								15	15	15	
								Dr	Dr	Dr	
1				Tanah Lempung Kuning Keoklatan	Yellow Ish Brown						0
2	Very Soft 1.0			Tanah Lempung Kuning Keoklatan	Yellow Ish Brown		1	1	0	1	1
3				Tanah Lempung Kuning Keoklatan	Yellow Ish Brown			15	15	15	
4				Tanah Lempung Kuning Keoklatan	Yellow Ish Brown		2	1	1	1	2
5				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey			15	15	15	
6				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey		3	1	2	2	4
7				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey			15	15	15	
8				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey		4	1	2	2	4
9				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey			15	15	15	
10				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey		5	2	3	3	6
11				Tanah Lempung Abu - Abu	Grey			15	15	15	
12				Pasir Abu - Abu	Grey		6	1	2	3	5
13				Pasir Abu - Abu	Grey			15	15	15	
14				Pasir Abu - Abu	Grey		7	2	3	4	7
15				Pasir Abu - Abu	Grey			15	15	15	
16				Pasir Abu - Abu	Grey		8	2	4	5	9
17				Pasir Abu - Abu	Grey			15	15	15	
18				Pasir Abu - Abu	Grey		9	3	5	4	8
19				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey			15	15	15	
20				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey		10	5	6	8	14
21				Pasir Abu - abu Kehitamam	Grey			15	15	15	
22				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey		11	6	7	9	16
23				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey			15	15	15	
24				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey		12	7	7	8	15
25				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey			15	15	15	
26				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey		13	7	9	12	21
27				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey			15	15	15	
28				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey		14	8	10	13	23
29				Pasir Abu abu Kehitamam	Grey			15	15	15	

[illegible]

GRAFIK SONDIR

Titik No. : S. 01
 Proyek : Studi dan Kajian Teknis Pengamanan Kons. Turap
 Lokasi : Jalan Ahmad Yani, Berau
 Cuaca : Cerah

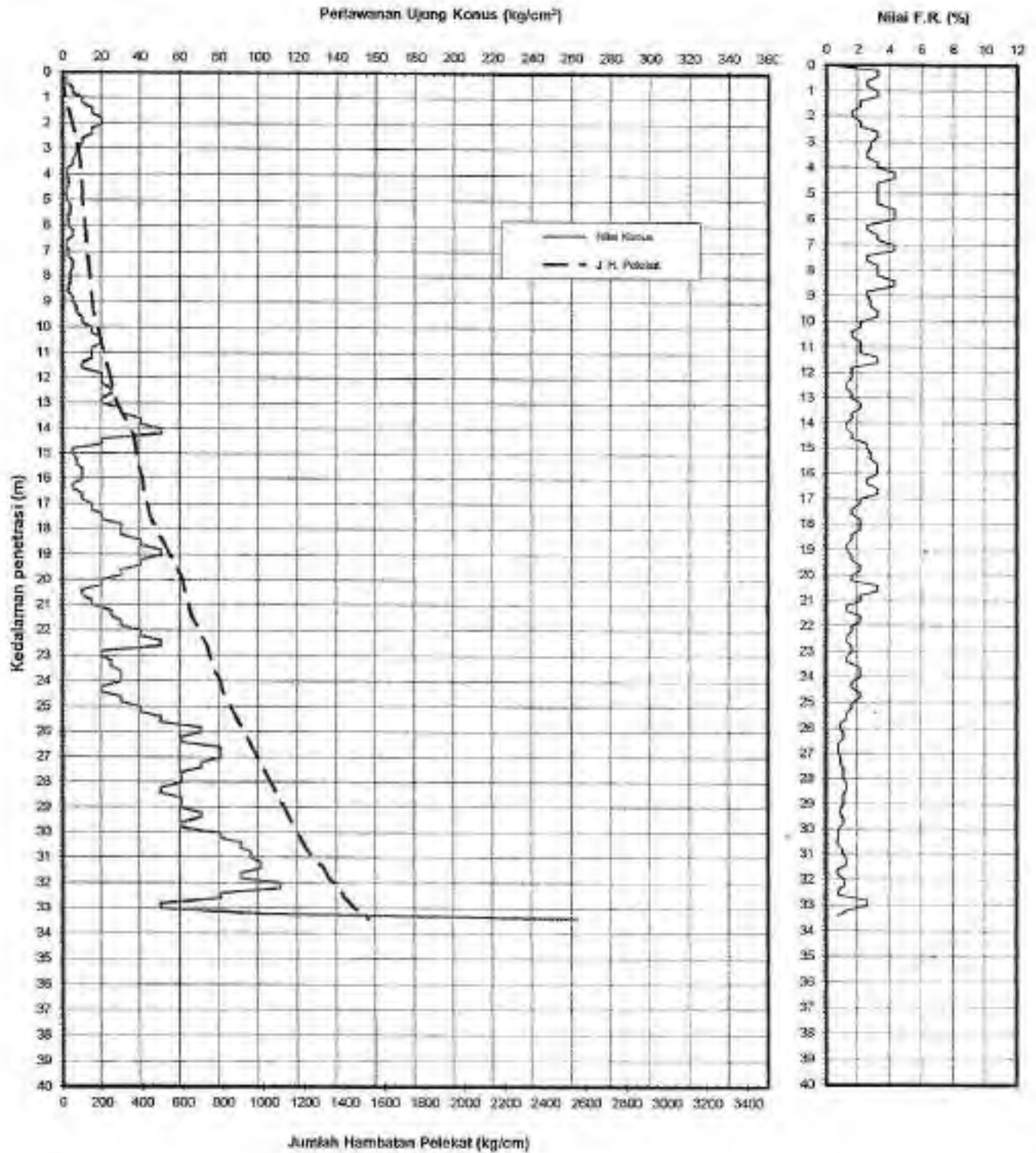
Tanggal : 24 - 09 - 2014
 Diuji Oleh : PARIMIN, ST
 Dihitung Oleh : Ir. HENDRO W, MT
 M.a.b. : -



GRAFIK SONDIR

Titik No. : S. 02
 Proyek : Studi dan Kajian Teknis Pengamanan Kons. Turap
 Lokasi : Jalan Ahmad Yani, Berau
 Cusca : Cerah

Tanggal : 26 - 09 - 2014
 Diuji Oleh : PARIMIN, ST
 Dihitung Oleh : Ir. HENDRO W, MT
 M.a.t. : -





LABORATORIUM MEKANIK TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5926601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

Klien : Bp. PARIMIN

TITIK BOR : BH-1

Proyek : STUDI DAN KAJIAN TEKNIS PENGAMAN

KONST. TURAP

Lokasi : JL. AHMAD YANI, BERAU

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI & GRAVIMETRI								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-5.00	2.633	1.321	82.68	41.48	56.82	1.605	1.134	1.704	1.07	0.75	4.50E-03
-10.00	2.745	1.140	87.04	30.15	53.27	1.746	1.283	1.815	1.04	0.68	1.25E-04

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITAS
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	ϕ	C	Cu	
-5.00	0.00	16.02	81.98	64.70	33.18	31.52	*	0		*
-10.00	0.00	16.23	83.77	63.28	32.68	30.60	*	0		*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	ϕ	= Angle of internal friction (degree)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C	= Cohesion (kg/cm ²)
	S + Cl	= Sil + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	Cu	= Cohesion Undrained (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	W _c	= Water content (%)	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)
	e	= Void ratio	n	= Porosity (%)	γ_d	= Dry density (gr/cc)
	Sr	= Degree of saturation (%)	γ	= Wet density (gr/cc)		
	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)				
	Cc	= Compression Index				
	Cv	= Compression of Consolidation (cm ² /kg)				
	*	= Not test				



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Djoko Irawan, MS
NAMA MAHASISWA	: SENO MARIS UTOMO
NRP	: 3114106057
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN SEI SEGAH KABUPATEN BEAU MENGUNAKAN JEMBATAN BUSIR LANTAI KENDARAAN TENGAH
TANGGAL PROPOSAL	: 27 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054265

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	22/2016 09	Preliminary Design	- Permodelan konstruksi jembatan siap untuk mengetahui optimalisasi "x" - Bab 15/d3	
2.	27/2016 09	- Bab 1 s/d 3 → OK - Permodelan konstruksi di software belum optimal.	- peninjauan permodelan kembali melalui software.	
3.	18/2016 10	- Penampang ikatan Angin dikecilkan - Peninjauan permodelan kembali - Gelagar melintang & memagang Oke! - plat lantai dan Sandaran → Oke - Sambungan gelagar memagang Oke	- Uluuran batang bawah dekat tumpuan dikecilkan atas & bawah - Sambungan melintang diperbaiki → pakai End plate + pengisi sambungan - Cek gaya yang bekerja pada kabel	
4.	25/2016 10	- Sambungan end plate rumus konsisten → LRFD - gaya yg bekerja pada kabel → Oke - Uluuran profil sudah optimal		



Form AK/TA-04
REV01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Dyoko Irawan, MS
NAMA MAHASISWA	: SENO MARIS UTOMO
NRP	: 3114106057
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN SEI SEGAH KABUPATEN BERAU MENGEUNAKAN JEMBATAN BUSUR LINTAI KENDARAAN TENGAH
TANGGAL PROPOSAL	: 27 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054265

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	30/11/2016	Rangka Utama Sambungan Rangka Utama	Sambungan diperbaiki Plat kopel dihilangkan	
	07/12/2016	Sambungan pertetakan Staging	Perbaiki sambungan teruskan staging	
	15/12/2016	staging oke portal Akhir oke sambungan oke Ikatan Angin oke	Teruskan Gambar	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Dr. Ir. Hidayat Soeghardjo M., MS
NAMA MAHASISWA	SENTO MARIS UTOMO
NRP	3114106057
JUDUL TUGAS AKHIR	MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBRAN SETERAKSI KAWIRAN BERAU MENGGUNAKAN JEMBRAN BUSUR LANTAI KENDARAAN TENGAH
TANGGAL PROPOSAL	27 Juni 2016
NO. SP-MMTA	054265

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	22/2016 10/9	- Tiang Sandaran - Sandaran - plat kendaraan - Gelagar Memanjang	- Gelagar Melintang - Ukuran text digambar - Satuan di seragamkan - Asumsi teori konsisten menggunakan LRFD	
2.	7/2016 10	- Gelagar Memanjang & Melintang - Sambungan memanjang & melintang Oke - Teori sudah konsisten	- Shear connector - Sketsa gambar	
3	14/2016 10	- Shear Connector → oke - Sketsa Gambar → oke - perbaiki notasi rumus - perbaiki dan tambah gambar penggantung - baut pada penggantung gatti Las Ex 70	- perbaiki rumus baik notasi dll - tambahan gambar penggantung - baut pada tie beam ganti las.	
4	25/2016 10	- sambungan Gesut & pin → oke - Cek Kapasitas tegangan kabel - Shear connector → oke - Sambungan end plate melintang oke		
5.	1/2016 11	- Kabel penggantung → oke - beban Angin → oke - Gesut & pin → oke		



Form AK/TA-04
rev01




PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Hidayat Saegihardjo M. MS
NAMA MAHASISWA	: SENO MARIS UTOMO
NRP	: 3114106057
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN SESEGIAH KABUPATEN BERAHU MENGGUNAKAN JEMBATAN BUSUR LANTAI KENDARAAN TENGAH
TANGGAL PROPOSAL	: 27 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054265

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	8/2016 12	- Pembebanan jembatan - Rangka Utama	- Rangka Utama diperbaiki	  
	16/2016 12	- Rangka Utama → oke - Tie beam unrelease cek torsi momen - Sambungan baut friksi gayanya Momen + torsi + Aksial - Staging → oke	- Tie beam - Sambungan	
	23/2016 12	- Sambungan Tie beam diperbaiki gambarnya - Sambungan Rangka Utama perbaiki perhitungan torsi nya.		